



XVIII CONGRESSO
ABRAVES

Anais do XVIII Congresso da ABRAVES

SUINOCULTURA BRASILEIRA NA ERA DA
TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE

PALESTRAS
Volume I



17 a 19 de outubro de 2017
Goiânia - GO

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos
Abraves Regional Goiás*

Anais do XVIII Congresso da ABRAVES

**SUINOCULTURA BRASILEIRA NA ERA DA
TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE**

PALESTRAS Volume I

*Embrapa Suínos e Aves
Concórdia, SC
2017*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Associação Brasileira de Veterinários
Especialistas em Suínos - Abraves
Regional Goiás**

Goiânia, GO
Fone: (62) 3225.8974
www.abraves2017.com.br
abraves2017@gmail.com

Embrapa Suínos e Aves

BR 153, Km 110
Caixa Postal 321
CEP 89.715-899 - Concórdia, SC
Fone: (49) 3441 0400
Fax: (49) 3441 0497
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Instituição responsável pelo conteúdo

Associação Brasileira de Veterinários
Especialistas em Suínos - Abraves Regional
Goiás

Unidade responsável pela edição

Embrapa Suínos e Aves

Coordenação editorial: *Tânia M. B. Celant*
Editoração eletrônica: *Vivian Fracasso*
Normalização bibliográfica: *Claúdia A. Arrieche*
Arte da capa: *Vivian Fracasso*
Ilustração da capa: New7ducks - Freepik.com

Nota

Editado pela Comissão Organizadora e Comissão Científica do XVIII Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos sob o Suporte Técnico Editorial da Embrapa Suínos e Aves.

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles contidas não representam, necessariamente, a visão da Embrapa Suínos e Aves. A revisão ortográfica e gramatical dos artigos é de inteira responsabilidade dos respectivos autores.

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Suínos e Aves

Congresso da Abraves (18. : 2017 : Goiânia, GO).

Anais do XVIII Congresso da Abraves, de 17 a 19 de outubro de
2017. – Concórdia, SC : Embrapa Suínos e Aves, 2017.

2 v. 29 cm

Conteúdo: v.1.Palestras. v.2.Artigos Científicos.

1. Suinocultura – congressos. I. Título.

CDD 636.406

© Embrapa 2017



REALIZAÇÃO



CO- REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO DO EVENTO



PATROCINADORES OURO





PATROCINADORES PRATA



Big Dutchman



APOIO



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**





COMISSÃO ORGANIZADORA

Eurípedes Laurindo Lopes	Presidente
Lívia Mendonça Pascoal	Vice-Presidente
Marcos Antônio Resende Lucena	Primeiro Tesoureiro
Carmos Pedro Triacca	Coordenação
Iuri Pinheiro Machado	Coordenação
Marcela Ponciano	Coordenação de Marketing

COMITE CIENTÍFICO

Lívia Mendonça Pascoal	Coordenadora do Comitê Científico
-------------------------------	-----------------------------------

SANIDADE

Carmos Pedro Triacca	Carpetri Agro Consultoria
Daniel Linhares	Iowa State University (EUA)
David Barcellos	UFRGS
Eugênio Gonçalves de Araújo	UFG
Geraldo Camilo Alberton	UFPR
Jalusa Deon Kich	Embrapa Suínos e Aves
Janice Reis Ciacci Zanella	Embrapa Suínos e Aves
Luis Guilherme de Oliveira	UNESP - Jaboticabal
Marcelo Almeida	Iowa State University (EUA)
Roberto Guedes	UFMG

NUTRIÇÃO

Caio Abécio Silva	UEL
Dalton de Oliveira Fontes	UFMG
Gustavo Julio Mello M. de Lima	Embrapa Suínos e Aves
Melissa Hannas	UFV
Thony Carvalho	IF Goiano - Ceres



REPRODUÇÃO E GENÉTICA

Carine Corcini UFPEL
Fernanda Almeida UFMG
Fernando Bortolozzo UFRGS
Robson Antunes UFU
Rafael Ulguim UFRGS

GESTÃO, MANEJO E BEM ESTAR

Adroaldo José Zanella USP - Pirassununga
Caio Abercio Silva UEL
Iuri Pinheiro Machado Integrall
Osmar Antônio Dalla Costa Embrapa Suínos e Aves

DIRETORIA ABRAVES NACIONAL

Lauren das Virgens Ventura Parisotto Presidente
Nelson Morés Vice-Presidente
Janice Reis Ciacci Zanella Primeiro Secretário
Suzana Satomi Kuchiishi Segundo Secretário
Jalusa DeonKich Primeiro Tesoureiro
Marcos Morés Segundo Tesoureiro

Antônio Franciscus Kramer Nogueira Conselho Fiscal Efetivo
Everson Zotti Conselho Fiscal Efetivo
Roberto Maurício Carvalho Guedes Conselho Fiscal Efetivo

André Hagemann Conselho Fiscal Suplente
Eurípedes Laurindo Lopes Conselho Fiscal Suplente
Godofredo Miltenburg Conselho Fiscal Suplente



DIRETORIA ABRAVES-GO

Eurípedes Laurindo Lopes	Presidente
Lívia Mendonça Pascoal	Vice-Presidente
Ana Paula Iglesias Santin	Primeiro Secretário
Regiani Nascimento Gagno Porto	Segundo Secretário
Marcos Antônio Resende Lucena	Primeiro Tesoureiro
Romão da Cunha Nunes	Segundo Tesoureiro
Carmos Pedro Triacca	Conselho Fiscal Titular
Danyllo Moni Guerra	Conselho Fiscal Titular
Romulo de Alcantara Gonçalves	Conselho Fiscal Titular
Jurij Sobestiansky	Conselho Fiscal Suplente
Luiz Augusto Batista Brito	Conselho Fiscal Suplente
Maria Inês Rodrigues da Cunha	Conselho Fiscal Suplente
Eduardo Guimarães Tibery Queiroz	Conselho Deliberativo
Iuri Pinheiro Machado	Conselho Deliberativo
João Maurício Lucas Gordo	Conselho Deliberativo
José Vanderlei Burim Galdeano	Conselho Deliberativo
Moema Pacheco Chediak Matos	Conselho Deliberativo
Simone Campos Guimarães	Conselho Deliberativo
Valéria de Sá Jaime	Conselho Deliberativo
Veridiana Maria B. Dignani de Moura	Conselho Deliberativo



APRESENTAÇÃO

Com imensa alegria, anunciamos nossa décima oitava edição do Congresso da Abraves, promovido pela Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos - Abraves Regional Goiás que acontecerá de 17 a 19 de outubro de 2017, no Centro de Convenções, em Goiânia, GO.

Este evento oficial da suinocultura brasileira é realizado por profissionais do setor com o objetivo de levar informações técnico-científicas relacionadas às mais diferentes especialidades da suinocultura com a finalidade de contribuir com o desenvolvimento da área nos âmbitos regional e nacional.

O Congresso da Abraves tem o compromisso de deixar a suinocultura mais fortalecida tanto técnica quanto qualitativamente. O evento proporcionará trocas de experiências e informações e reunirá empresas, produtores, consumidores e a comunidade científica, envolvendo toda a cadeia produtiva da suinocultura.

Com trinta e quatro anos de tradição, este evento é consagrado pelo elevado nível técnico das palestras e palestrantes, e reconhecido como o mais importante evento da suinocultura realizado no país.

Convidamos você para comemorar conosco este evento que já tem sucesso garantido. Não fique de fora e programe-se para participar do congresso oficial da suinocultura brasileira.

Eurípedes Laurindo Lopes
Presidente do XVIII Congresso Abraves



PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA

17 de outubro (Terça-feira)

BEM-ESTAR DE SUÍNOS - MAPA

Moderadores: Charli Ludke / Osmar Antonio Dalla Costa

Salas: Serra Dourada - Águas Quentes - Lago das Brisas

09h Abertura: MAPA, ABRAVES, ABCS, EMBRAPA, ABPA

PAINEL 1 - GESTAÇÃO COLETIVA DE MATRIZES SUÍNAS

09h30 Resultados científicos de trabalhos brasileiros: gestação coletiva x individual
Julia Eumira

10h10 Principais diferenças de manejo em diferentes sistemas de gestação coletiva:
opções de manejo de arraçamento
Juliana Ribas

10h50 Experiência brasileira na implantação da gestação coletiva: sucesso daqueles
que já estão utilizando o sistema de gestação coletiva
Rubens Valentini

11h20 Mesa redonda para perguntas e debate

11h45 Intervalo almoço

PAINEL 2 - BOAS PRÁTICAS NO MANEJO GERAL

Moderador: Cleandro Pazinato Dias

13h45 Evitando a castração: perspectivas
Caio Abércio da Silva

14h15 Enriquecimento ambiental para suínos
Adroaldo Zanella

14h45 Manejos com os recém-nascidos: o que é necessário?
Juliana Ribas

15h15 Mesa redonda para perguntas e debate

15h45 Intervalo



PAINEL 3 - CONFORTO E DESEMPENHO: AMBIÊNCIA E CLIMATIZAÇÃO

Moderador: Osmar Antonio Dalla Costa

16h15 Critérios de avaliação da ambiência em granjas suínas: relação conforto animal x índices zootécnicos x bem-estar animal

Iran José Oliveira da Silva

16h45 Impacto produtivo e econômico da climatização de granjas (case de sucesso)

Ricardo Cogo

17h15 Mesa redonda para perguntas e debate

17h45 Apresentação de trabalhos científicos (Reprodução e Nutrição)

17h45 Biodisponibilidade da L-lisina-sulfato em comparação a L-lisina-HCL em leitões na fase de creche

Jorge Yair Perez Palencia

17h53 Expressão gênica das células foliculares após inclusão de PUFA n-3 na dieta de fêmeas suínas pré-púberes

Andreia Nobre Ancuti

18h01 Sid valine requirements of starting pigs is not affected by moderate levels of dietary sid leucine

Vinicius Ricardo Cambito de Paula

18h09 Espaço para perguntas e debate

18h21 Accuracy of transrectal ultrasonography for assessment of corpora lutea characteristics in sows and their relation with piglet birth weight

Camila Lima A. Da Silva

18h29 Utilização de exame ultrassonográfico para detecção de anormalidades espermáticas em suínos

Aline Fernanda Lopes Paschoal

18h37 Avaliação da suplementação do diluente de criopreservação com atp em três diferentes tempos

Andreia Nobre Ancuti

18h45 Espaço para perguntas e debate



SAÚDE INTESTINAL

Moderador: Nelson Morés

Auditório Lago Azul

09h Abertura

09h10 Relação integridade intestinal x eficiência alimentar e os desafios da restrição aos antimicrobianos melhoradores de desempenho

Ana Lúcia de Souza

10h00 Nutrição como ferramenta na modulação da saúde intestinal

Sandra Paredes Escobar

10h45 Influência da nutrição na imunidade do leitão de creche

Agustin Rafael Dean

11h30 Mesa redonda para perguntas e debate

11h45 Intervalo almoço

Moderador: Janice Reis Ciacci Zanella

13h45 Diagnóstico de doenças entéricas: como as análises laboratoriais podem contribuir com as ações a campo

Roberto Guedes

14h35 O papel dos ácidos orgânicos e óleos essenciais na manutenção da integridade intestinal

Chad Stahl

15h20 Mesa redonda para perguntas e debate

15h35 Intervalo

16h05 Situação atual e perspectivas do uso de aditivos promotores de crescimento: visão da agroindústria

Augusto Heck

16h45 Contexto global da resistência aos antimicrobianos e o plano de ação nacional para prevenção e controle no âmbito da agropecuária

Suzana Bresslau

17h25 Mesa redonda para perguntas e debate



- 17h45** Apresentação de trabalhos científicos (Sanidade, Gestão e Manejo)
- 17h45** Resistência a colistina em isolados de *Salmonella* de casos clínicos de suínos no Brasil
Jalusa Deon Kich
- 17h53** Investigação sorológica retrospectiva da infecção pelo *Senecavirus A* em granjas suínolas brasileiras
Alais Maria Dall Agnol
- 18h01** Mortalidade de matrizes suínas associadas à infecção por *Clostridium novyi*
Lucas Avelino Rezende
- 18h09** Espaço para perguntas e debate
- 18h21** Aplicabilidade do aparelho Caliper na mensuração do escore corporal de leitões no final da gestação e ao desmame
Andre Luis Mallmann
- 18h29** Comportamento de matrizes suínas alimentadas com inclusão de bagaço de cana-de-açúcar na dieta
Thony Assis Carvalho
- 18h37** Medidas de bem-estar de suínos em crescimento e terminação - prevalência em granjas de sistemas cooperativos no Brasil
Carlos Rodolfo Pierozan
- 18h45** Espaço para perguntas e debate

19h	Cerimônia de abertura do XVIII Congresso Abraves <i>Auditório Lago Azul</i>
19h30	Homenagem à Personalidade Abraves 2017 <i>Auditório Lago Azul</i>
20h	Coquetel de abertura - Delícias da cozinha goiana a base de carne suína <i>Espaço Cerrado</i>



18 de outubro (Quarta-feira)

PALESTRAS MAGISTRAIS - ANTIMICROBIANOS NA SUINOCULTURA

Moderador: Ton Kramer

Auditório Lago Azul

08h Uso prudente de antimicrobianos na suinocultura: restrições e novas abordagens terapêuticas - cenário nacional e internacional

Mauricio Dutra

08h50 Os antimicrobianos como ferramentas para erradicação de patógenos em granjas suínas

Alberto Stefano

09h40 Intervalo para visita aos estandes e trabalhos científicos - "MOMENTO IPVS BRASIL 2020"

10h10 Influência dos sistemas de produção na redução de desafios sanitários

Glauber Machado

11h Estratégias nutricionais no auxílio da redução do uso de antimicrobianos - Case Embrapa

Gustavo J.M.M. de Lima

11h40 Mesa redonda para perguntas e debate

12h10 Intervalo almoço

12h10 Workshop Empresarial - Boheringer Ingelheim
Sala: Serra Dourada - Águas Quentes - Lago das Brisas

12h10 Workshop Empresarial - Topgen
Sala: Rio Araguaia

SANIDADE - DOENÇAS EMERGENTE E REEMERGENTES

Moderador: Luiz Guilherme de Oliveira

Auditório Lago Azul

14h O aumento da frequência de Salmonelose clínica em suínos no Brasil

Jalusa Deon Kich

14h45 Situação atual da circovirose no Brasil

Janice Reis Ciacci Zanella



15h30 Espaço para perguntas e debate

15h40 Intervalo para visita aos estandes e trabalhos científicos

Moderador: Lauren Ventura

16h Dinâmica de infecção das doenças respiratórias após a entrada da Influenza no Brasil

David Barcellos

16h40 PRRS: o que a experiência europeia nos ensina?

Guillermo Ramis

17h20 Espaço para perguntas e debate

GESTÃO, MANEJO E BEM-ESTAR

Moderador: Charli Ludtke

Salas: Serra Dourada - Águas Quentes - Lago das Brisas

14h Gestão da qualidade dos insumos correlacionada com a lucratividade na suinocultura

Mark D. Newcomb

14h45 Ambiência: novas tecnologias agregando ganho em todas as fases de produção

Gustavo Freire

15h30 Espaço para perguntas e debate

15h40 Intervalo para visita aos estandes e trabalhos científicos

16h Indicadores de bem-estar animal na suinocultura

Cleandro Pazinato

16h40 Fertirrigação de dejetos suínos: novos conceitos, desafios e oportunidades

Marco Antônio Santos

17h20 Espaço para perguntas e debate

14h Workshop técnico - ABCS
Sala Rio Araguaia

17h40 Premiação de trabalhos científicos das áreas de gestão, manejo, bem-estar e nutrição
Auditório Lago Azul



18h	Evento ABCS + Bem-Estar em Movimento Palestras com Márcio Atalla e Fabiana Benatti <i>Auditório Lago Azul</i>
20h	Coquetel ABCS - AGS <i>Espaço Cerrado</i>

19 de outubro (Quinta-feira)

PALESTRAS MAGISTRAIS

Moderador: Roberto Guedes

Auditório Lago Azul

08h Como medir biossegurança e correlacionar com a frequência de introdução de patógenos

Gustavo Souza e Silva

08h50 Gestão da produção baseada em modelagem matemática

Hector Martinez

09h40 Intervalo para visita aos estandes e trabalhos científicos

10h10 Intoxicação por fumonisinas - clínica e patogenia

Verena Starkl

11h Prevalência das micotoxinas no Brasil e impacto sobre a produção

Carlos Augusto Mallmann

11h45 Mesa redonda para perguntas e debate

12h10 Intervalo almoço

NUTRIÇÃO

Moderador: Dalton Fontes

Auditório Lago Azul

14h Epigenética e nutrição: manipulando a nutrição da matriz com vistas a melhorar o desempenho da sua prole

Guillermo Ramis

14h45 Nutrição de precisão em sistemas eletrônicos ESF: como obter o melhor desempenho zootécnico na gestação coletiva - experiência europeia

Carlos Martinez



15h30 Espaço para perguntas e debate

15h40 Intervalo para visita aos estandes e trabalhos científicos

16h Fatores anti-nutricionais: inimigos ocultos

Gustavo Gattás

16h40 Matriz nutricional de enzimas exógenas: uma nova abordagem

Otto Mack Junqueira

17h20 Espaço para perguntas e debate

REPRODUÇÃO E GENÉTICA

Moderador: Carine Corcini

Salas Serra Dourada - Águas Quentes - Lago das brisas

14h Taxa de descarte, mortalidade de matrizes e melhoramento genético de linhas fêmeas: como as empresas de melhoramento genético estão pensando a fêmea do futuro

Robson Antunes

14h45 Estratégias nutricionais pós-cobertura visando redução de leitões baixa viabilidade

Fernanda Almeida

15h30 Mesa redonda para perguntas e debate

15h40 Intervalo para visita aos estandes e trabalhos científicos

16h Situação da IATF e genética líquida na Europa

Raquel Ausejo

16h40 Desafios para tornar a IATF acessível em larga escala no Brasil

Fernando Bortolozzo

17h20 Mesa redonda para perguntas e debate

17h35 Encerramento do XVIII Congresso da Abraves



SUMÁRIO

BEM-ESTAR DE SUÍNOS.....	20
Resultados científicos de trabalhos brasileiros: gestação coletiva x individual... <i>Julia Eumira Gomes Neves</i>	21
Experiência brasileira na implantação da gestação coletiva: sucesso daqueles que já estão utilizando o sistema de gestação coletiva..... <i>Valentini, R., Triacca, C. P</i>	36
Evitando a castração: perspectivas..... <i>Caio Abécio da Silva</i>	42
Impacto produtivo e econômico da climatização de granjas..... <i>Ricardo Josue Cogo</i>	53
SAÚDE INTESTINAL.....	60
Relação integridade intestinal x eficiência alimentar e os desafios da restrição aos antimicrobianos melhoradores de desempenho..... <i>Ana Lúcia P. de Souza</i>	61
Nutrição como ferramenta na modulação da saúde intestinal..... <i>Sandra Paredes Escobar</i>	68
Influência da nutrição na imunidade dos leitões de creche..... <i>Agustin Rafael Dean, L.F.S. Rangel, J. Polo, J.M. Campbell, J.D. Crenshaw</i>	73
Diagnóstico de doenças entéricas: como as análises laboratoriais podem contribuir com as ações a campo..... <i>Roberto M.C. Guedes</i>	82
The role of organic acids and essential oils in the maintenance of intestinal integrity..... <i>Chad H. Stahl, Ester Grill, Andrea Piva</i>	85
Situação atual e perspectivas do uso de aditivos promotores de crescimento: visão da agroindústria..... <i>Augusto Heck</i>	92
PALESTRAS MAGISTRAIS - ANTIMICROBIANOS NA SUINOCULTURA.....	103
Uso prudente de antimicrobianos na suinocultura..... <i>Mauricio Dutra</i>	104
Os antimicrobianos como ferramentas para erradicação de patógenos em granjas suínas..... <i>Alberto Stephano Hornedo</i>	107



Estratégias nutricionais (incluindo nutricionais) no auxílio da redução do uso de antimicrobianos..... 125
Gustavo J.M.M. de Lima

SANIDADE - DOENÇAS EMERGENTE E REEMERGENTES..... 137

O aumento da frequência de Salmonela clínica no Brasil..... 138
Jalusa Deon Kich, Mariana Meneguzzi, Caroline Reichen

Situação atual da circovirose no Brasil..... 150
Janice Reis Ciacci-Zanella

Dinâmica de infecção das doenças respiratórias após a entrada da Influenza no Brasil..... 157
Karine Ludwig Takeuti, David Emilio Santos Neves de Barcellos

GESTÃO, MANEJO E BEM-ESTAR..... 165

Understanding the economic impact of feed mill variances..... 166
Mark D. Newcomb, Jeff Hansen

Pontos críticos em ambiência para suínos..... 168
Gustavo Freire Resende Lima, Bruna L. Portela, Amanda Pimenta Siqueira

Indicadores de bem-estar animal..... 176
Cleandro Pazinato Dias

PALESTRAS MAGISTRAIS..... 179

Avaliação de biosseguridade e como quantificá-la..... 180
Gustavo Souza e Silva, Daniel Linhares, Luís Gustavo Corbellini

Gestão da produção suína baseada em modelagem matemática..... 188
Héctor R. Martínez-Ramírez, A. Soares, A. Haggmann, A. Lora-Graña, A. Moita, L. Da Silva, V. Pietrobelli, F. Xavier, D. Barros, J. Perin, E. Araujo, J. Moraes, N. Honma, A. Pinheiro, G. Machado

Intoxicação por fumonisinas - clínica e patogenia..... 204
Verena Starkl

Prevalência das micotoxinas no Brasil e impacto sobre a produção..... 215
Carlos A. Mallmann, Paulo Dilkin, Adriano O. Mallmann, Vinicius Duarte

NUTRIÇÃO..... 230

Epigenética y nutrición: manipulando la nutrición de la cerda para mejorar el rendimiento de su progénie..... 231
Guillermo Ramis Vidal



Fatores anti-nutricionais: inimigos ocultos ou eubióticos na suinocultura..... 238
Gustavo Gattás, Cesar Augusto Pospissil Garbossa, Maíra Resende, Vinícius de Souza Cantarelli

Matriz nutricional de enzimas exógenas: uma nova abordagem..... 247
Otto Mack Junqueira

REPRODUÇÃO E GENÉTICA..... 251

Taxa de descarte, mortalidade de matrizes e melhoramento genético de linhas fêmeas: como as empresas de melhoramento genético estão pensando a fêmea do futuro..... 252
Antunes, R. C., Soares, J. S.

Estratégias nutricionais para a manutenção de embriões viáveis: a importância do período pós-cobertura.....258
Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida

Situação da IATF e genética líquida na Europa..... 261
Raquel Ausejo

Desafios para tornar a inseminação artificial em tempo fixo acessível em larga escala na suinocultura tecnificada do Brasil..... 262
Fernando P. Bortolozzo, Ana Paula G. Mellagi, Rafael R. Ulguim, Ivo Wentz, André L. Mallmann, Mariana B. Menegat, Joabel T. Santos, Monike Quirino



BEM-ESTAR DE SUÍNOS



RESULTADOS CIENTÍFICOS DE TRABALHOS BRASILEIROS: GESTAÇÃO COLETIVA X INDIVIDUAL

Julia Eumira Gomes Neves

*Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina, Brasília-DF
julia.neves@ifb.edu.br*

O Brasil vem aplicando alguns padrões de bem-estar na produção de suínos, mesmo não havendo legislações específicas que as exijam. Essas atitudes são reflexos de ações em conjunto da Comissão de Bem-estar animal do Ministério da Agricultura, ABCS e ONGs que trabalharam para garantir a abertura e permanência de mercados importadores, como a União Europeia e conscientizaram as grandes empresas do setor a eliminarem até 2026 a criação de matrizes suínas em gaiolas. Uma das principais exigências é a eliminação das gaiolas de gestação. Porém a incerteza e a falta de dados produtivos que demonstrem a eficiência produtiva e econômica das criações de matrizes em baias coletivas nos padrões brasileiros ainda são escassas e levam a inseguranças no setor produtivo que precisam de cautela e certezas concretas para fazer tamanhas alterações nos manejos.

Frente a esse cenário descrito acima, realizou-se uma pesquisa em uma granja núcleo comercial, localizada na região do PAD-DF (Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal). As linhagens de suínos trabalhadas na granja foram as DB25, DB90, DB100 e Large White. Esta propriedade possui capacidade de criação de 3.800 matrizes suínas no sistema de gestação coletiva e de 6.900 matrizes em gaiola. A pesquisa foi dividida em três partes, na primeira foi realizado um diagnóstico avaliando os dados reprodutivos disponíveis no sistema operacional da granja e permitiu comparar três sistemas de manejos diferentes: matrizes criadas em gaiolas em todo o seu período gestacional (GG) e matrizes criadas em gaiolas até os 42 dias de gestação e depois de alojadas em baias coletivas (GC) e matrizes criadas em baias coletivas após a inseminação (CS).

Na segunda parte foi realizada uma investigação sobre o comportamento das matrizes suínas simulando em um mesmo espaço e manejo os três sistemas de manejo mencionados acima e elegendo a linhagem DB25, para amenizar os efeitos das linhagens nos parâmetros comportamentais. A terceira etapa da pesquisa foi uma avaliação econômica sobre os sistemas de manejos mencionados acima.

As matrizes criadas em sistemas de baias coletivas eram mantidas em grupos dinâmicos até três dias antes da data prevista de parto, ou seja, no período que essas matrizes permaneciam na baia havia a entrada e saída de outras matrizes. Cada baia alojava 80 matrizes e eram equipadas com estações de alimentação individualizadas com controle eletrônico. Neste caso cada matriz recebe um chip que é lido pelo software da máquina e libera a ração a cada 100 gramas, podendo a fêmea se alimentar em qualquer horário ao acessar a máquina, até atingir sua ingestão diária de ração. Todas as matrizes eram levadas para o galpão maternidade com três dias de antecedência da data prevista de parto.



Pesquisa 1: Análise dos parâmetros reprodutivos em suínos de acordo com o tipo de alojamento durante a prenhez: sistema confinado e gestação em grupo

Material e método

Nesta etapa foram compilados 848 ciclos de matrizes do sistema CS, 5.547 ciclos das matrizes do sistema misto (GC) e 13.788 ciclos das matrizes do sistema tradicional (GG).

Foram avaliados os dados reprodutivos de matrizes em habitação individual e coletiva de três e quatro anos, respectivamente. Os resultados foram compilados de duas maneiras diferentes. O primeiro visava comparar os resultados produtivos das porcas criadas em gaiolas e em sistemas de habitação coletiva. Estes dados foram coletados com base nos resultados semanais dos parâmetros produtivos dos animais. No total, foram analisadas 209 semanas em cada tratamento (IC e MS). O segundo objetivou avaliar a interferência do momento de mistura nos parâmetros reprodutivos das porcas, avaliando as matrizes misturadas três dias após a inseminação (CP), as matrizes mescladas entre 38 e 42 dias de inseminação (MS) e matrizes mantidas em gaiolas (IC). Os resultados produtivos de cada fêmea foram avaliados individualmente por três anos, uma vez que o sistema de criação de CP só foi estabelecido no segundo ano.

Para a avaliação dos sistemas GG e GC, a análise de variância utilizou-se o procedimento PROC GLM, do programa SAS® (Statistical Analysis System Institute, Cary, North Carolina, USA).

Para a avaliação dos três sistemas GG, GC e CS, a análise de variância utilizou-se o procedimento PROC MIXED, considerando o grupo, ano, hora do parto, tipo de parto, estação do ano, ciclo das matrizes, matriz e funcionários como variáveis de classificação. Como variáveis dependentes foram consideradas: os leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados e nascidos totais levando em consideração os efeitos fixos de estação do ano, ano, ciclo, grupo e tipo de parto.

Resultados

Parâmetros reprodutivos, como o retorno ao cio, o aborto, o parto por fêmea por ano e o número de leitões mumificados foram os mesmos para as fêmeas criadas em gaiolas individuais e em baias coletivas. No entanto, as fêmeas na habitação coletiva apresentaram maior número de nascimentos totais, nascidos vivos, taxa de parto, peso de desmame e número de leitões desmamados por porca por ano. Além disso, o número de nascidos mortos e a morte ao desmame foram menores na habitação coletiva (Tabela 1).



Tabela 1. Avaliação e comparação dos parâmetros reprodutivos de matrizes criadas em gaiolas (GG) e em baias coletivas (GC).

Parâmetros reprodutivos	GG	GC	Probabilidade
Repetição de cio (%)	3,47±2,75	3,16±2,85	0,254
Aborto (%)	1,04±1,43	1,03±1,55	0,96
Desmamados fêmea ano (n°)	29,7±2,49	31,78±2,47	<0,0001
Desmamados (n°)	12,2±1,01	12,84±1,46	<0,0001
Parto fêmea ano (n°)	2,43±0,07	2,44±0,08	0,563
Mumificados (%)	2,77±1,01	2,93±1,12	0,055
Natimortos (%)	7,41±2,61	6,91±1,89	0,0013
Nascidos totais (n°)	15,23±0,74	15,63±0,83	<0,0001
Nascidos vivos (n°)	13,52±0,70	14,01±0,72	<0,0001
Peso ao nascimento (kg)	1,38±0,07	1,35±0,04	<0,0001
Taxa de parição (%)	91,73±3,90	92,61±3,46	0,007
Mortos no desmame (n°)	9,96±2,25	6,82±5,52	<0,0001
Peso ao desmame (kg)	5,7±0,50	6,43±0,44	<0,0001

O peso ao nascer foi maior para as porcas na GG, no entanto, o peso do leitão foi menor neste grupo. Não houve diferença entre CS e GG para mumificados, morte ao nascimento, leitões de baixa viabilidade e período de gestação. O grupo de GC apresentou maior percentual de leitões mumificados e um período de gestação mais curto, quando comparado aos outros grupos, e resultados semelhantes à CS para nascidos vivos, nascidos mortos, mortos ao nascimento, nascimentos totais, peso da leitegada, peso ao nascer e baixa viabilidade dos leitões (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros reprodutivos em suínos criados em três sistemas de alojamentos: cobre e solta (CS), gestação coletiva (GC) e gestação em gaiolas (GG).

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos			Probabilidade
	CS	GC	GG	
Vivos (n°)	12,63 ± 3,43 a	12,54 ± 3,47a	11,7 ± 3,47b	< 0,0001
Natimortos (n°)	2,16 ± 1,44b	2,15 ± 1,50b	2,42 ± 1,53a	< 0,0001
Mortos ao nascer (%)	0,12 ± 0,57ab	0,13 ± 0,45a	0,10 ± 0,47b	<0,01
Mumificados (%)	0,26 ± 0,89b	0,41 ± 0,93a	0,30 ± 0,90b	< 0,0001
Nascidos totais (n°)	14,97 ± 3,57 a	14,88 ± 3,60a	14,19 ± 3,63b	< 0,0001
Peso leitegada (kg)	17,25 ± 4,50 a	16,85 ± 4,38a	16,37 ± 4,33b	< 0,0001
Peso médio ao nascimento	1,45 ± 0,25b	1,43 ± 0,26b	1,48 ± 0,26a	<0,05
Baixa viabilidade	0,006 ± 0,18ab	0,02 ± 0,19a	0,0076 ± 0,16b	< 0,0001
Duração do parto (horas)	9:09 ± 0:00a	08:42 ± 3:17a	8:08 ± 3:31b	< 0,0001
Dias de gestação	114,55 ± 1,48 a	114,22 ± 1,47b	114,57 ± 1,44a	< 0,0001

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente $p < 0,01$ no teste de Tukey.



Discussão

A criação de matrizes em sistemas coletivos mostrou melhores resultados para grande parte das características reprodutivas avaliadas. O menor tempo em trabalho de parto observado nas matrizes da GG pode ser devido à elas não precisarem se adaptar a uma nova condição de alojamento, uma vez que já estavam alojadas em gaiolas, enquanto as matrizes manejadas em baias coletivas, ao serem levadas para as gaiolas de maternidade, passam por um período de estresse até se adaptarem às gaiolas. Além disso, esse período de adaptação é muito curto, apenas três dias ou menos da data de parto, acarretando em estresse, podendo aumentar a duração do parto. Esta hipótese é corroborada por Yuna *et al.* (2015), em estudo demonstrando que matrizes criadas soltas e engaioladas somente no período pré-parto tenderam a maior duração do tempo de parto que matrizes criadas em gaiolas no período gestacional.

Apesar das matrizes do CS não terem diferenciado da GG e GC, na média de leitões mortos ao nascer, ela ficou bem próxima do grupo da GC, ratificando a hipótese de que as matrizes criadas soltas tendem a se estressarem mais nas gaiolas de parição aumentando o número de mortos ao nascer.

Outra hipótese levantada pode ser pelo fato de que quanto menor o número de leitões nascidos vivos, maior o peso deles ao nascimento (Tabela 2) e menor a disputa pelo teto, fazendo com que os leitões consigam ingerir com maior facilidade e rapidez o colostro, deixando-os mais ativos e espertos, o que diminui a chance de esmagamento, normalmente ocasionado pela presença de leitões fracos ou com hipotermia.

O grupo de matrizes criadas em sistemas coletivos (CS e GC) obtiveram maior número de leitões nascidos vivos e nascidos totais do que as matrizes da GG. Diversos autores não encontraram essa diferença (WHITTAKER *et al.*,2015; CUNHA, 2015; CHAPINAL *et al.*,2010). O tipo de alojamento, o ambiente, manejo nutricional e as interações sociais podem alterar o nível de cortisol circulante em matrizes gestantes. Altos níveis de alteração do cortisol alteram a liberação de gonadotrofinas, podendo levar a infertilidade ou diminuição do desempenho reprodutivo das matrizes (MELCHIOR *et al.*,2012). O estresse crônico sofrido pelas matrizes mantidas em gaiola pode ser uma explicação para a diminuição do número de leitões nascidos vivos e nascidos totais. Hulbert e McGlone (2006) concluíram que o desempenho reprodutivo é afetado pelo estresse severo, reduzindo, principalmente, o tamanho da leitegada. Matrizes criadas em grupos durante a gestação possuem picos de estresse, que logo são diminuídos. Após o estabelecimento da hierarquia as interações sociais diminuem, reduzindo assim o nível de cortisol (ANIL *et al.*,2006), o que diminui o efeito do estresse no desempenho reprodutivo dessas matrizes.

O maior número de leitões mumificados no grupo GC está associado ao momento em que se realizou a mistura dos lotes e ao maior número de nascidos totais encontrados neste grupo. Normalmente essas matrizes são mantidas em gaiolas até os 42 dias de gestação e depois são misturadas em baias com outras 80 fêmeas. A grande interação social aversiva que ocorre neste período pode ocasionar a morte de alguns fetos, o que leva a formação de fetos mumificados. No grupo CS esse efeito não foi observado, pois as matrizes foram misturadas no início da gestação e caso ocorresse algum problema neste período o embrião teria sido absorvido, uma vez que ainda não possuía a formação óssea. A formação óssea do embrião se inicia com 30 a 40 dias (PESCADOR *et al.*,2010) e finaliza com 70 a 100 dias de



gestação (BORTOLOZZO *et al.* 2012, MENGELING *et al.*,2000), a mistura de fêmeas neste período pode acarretar maior número de leitões mumificados. A falta de espaço uterino, devido ao aumento da leitegada em fêmeas prolíficas, também é apontada como uma possível causa de morte fetal por Bortolozzo (2012). Uma porcentagem de ocorrência de até 1,5% de fetos mumificados dentro de uma granja é considerada normal (MAGNABOSCO, 2003). Os três grupos avaliados apresentaram índices bem abaixo desta porcentagem ($0,41 \pm 0,93\%$; $0,30 \pm 0,90\%$ e $0,26 \pm 0,89\%$ para GC, GG e CS, respectivamente), estando, portanto, dentro dos índices esperados pelo produtor.

Conclusão

A eliminação completa das gaiolas pode ser uma indicação segura para as granjas comerciais, uma vez que o manejo cobre e solta se demonstrou tão ou mais eficaz que o manejo em gaiolas, não interferindo negativamente nos parâmetros reprodutivos.

Pesquisa 2: Avaliação do comportamento das matrizes suínas de acordo com o tipo de alojamento durante a prenhez: sistema confinado e gestação em grupo

A utilização de gaiolas permite um manejo de alimentação individualizado e de baixo custo, e minimiza a ocorrência de comportamentos agonísticos. As gaiolas restringem os movimentos e impossibilitam as matrizes de realizarem padrões naturais de alimentação, além de dificultar a expressão de comportamentos sociais. Causam, assim, problemas de bem-estar, levando ao desenvolvimento de estereotípias, estresse crônico, claudicações, úlceras de decúbito e úlceras gástricas (HÖTZEL, 2007). Por outro lado, a gestação em grupo dificulta a alimentação individualizada e demanda uma supervisão mais efetiva. Os maiores problemas de bem-estar na gestação de matrizes suínas criadas em grupo são o estresse e as lesões causadas por agressões que ocorrem logo após as misturas (CHAPINAL *et al.*, 2010).

Material e método

Para a coleta de dados foram selecionadas 198 matrizes da linhagem DB 25, entre a segunda e sétima ordem de parição. Estas matrizes foram mantidas em três sistemas de alojamento na gestação:

- **Sistema tradicional (GG):** gestação em gaiolas individuais.
- **Sistema de baias coletivas (CS):** gestação em baias coletivas para 80 matrizes com estação de alimentação.
- **Sistema misto (GC):** nos primeiros 42 dias de gestação as matrizes eram mantidas em gaiolas individuais, posteriormente estas matrizes foram alojadas em baias coletivas, com capacidade de alojamento para 80 matrizes e com estação eletrônica de alimentação.



Cada sistema de alojamento foi ocupado por 22 matrizes selecionadas para o experimento. Os três tratamentos (GG, GC e CS) foram repetidos três vezes. No total foram avaliadas 66 matrizes em cada grupo formado e 198 matrizes no total do experimento.

As matrizes do grupo GC e CS foram misturadas com outras 58 fêmeas nas baias coletivas, totalizando um grupo de 80 matrizes, e mantidas em grupos dinâmicos durante todo o tratamento. Todas as matrizes foram levadas para as gaiolas de maternidade 2 a 3 dias antes da data prevista de parto.

Durante o período da gestação foram realizadas quatro avaliações do comportamento das matrizes, em momentos pré-fixados e em três dias consecutivos, das 8:00 às 11:30 e das 14:30 às 17:40, aos 0-3 dias, 24, 42 e 100 dias de gestação. Os comportamentos avaliados estão descritos no etograma (Tabela 3). A avaliação dos comportamentos foi realizada utilizando o método SCAN (MARTIM & BATESON, 1993), com registros no tempo com intervalo de 10 minutos entre as observações. Nos tratamentos de GG foram acompanhadas 22 matrizes e nos tratamentos de GC e CS foram observadas as 80 fêmeas que se encontravam nas baias.

A expressão de estereotípias foi analisada separada das demais expressões comportamentais, uma vez que as matrizes poderiam expressar comportamentos estereotipados, ao mesmo tempo em que, estavam em pé em atividade ou em repouso (comportamento outros). Na avaliação dos demais comportamentos a expressão de um anula a presença de outro. Devido a isso, a soma das frequências dos comportamentos fica superior a cem por cento, o que é resolvido retirando o valor das frequências de estereotípias.

Tabela 3. Etograma utilizado para a avaliação de comportamento de matrizes gestantes.

Comportamento	Descrição do comportamento
Comportamento exploratório	Matriz explorando o chão, parede, barra ou qualquer outra estrutura com o focinho, boca ou língua.
Comportamento agonístico	Matriz com comportamento agressivo direcionado a outra matriz, empurrando, mordendo, brigando etc.
Comportamento social positivo	Matriz com comportamento de cheirar, massagear e lambe outra fêmea, sem agressividade.
Ativas	Matriz sentada ou em pé (em atividade ou parada) sem expressar comportamentos exploratórios, agonísticos ou social positivo, com ou sem estereotípias.
Estereotípias	Matriz apresentando comportamentos repetitivos sem funções adaptativas, por exemplo: mastigação no vácuo, chupar a língua, engolir o ar, morder as barras e enrolar a língua.
Outros	Matriz deitada sem expressar o comportamento exploratório, agonístico, social positivo ou ativo, com ou sem estereotípias.

Análise estatística

Os comportamentos exploratórios, social positivo, agonístico, ativo e outros foram expressos na proporção do número total de animais observados.

A análise de variância foi realizada utilizando o procedimento PROC GENMOD, do programa SAS® (Statistical Analysis System Institute, Cary, North Carolina, USA), considerando o tratamento, tempo de gestação, tratamento x tempo de gesta-



ção como variáveis independentes e comportamento exploratório, agonístico, social positivo, ativo, estereotípias e outros como variável dependente. Para comparação de médias, foi utilizado o teste de Tukey-Kramer com 5% de probabilidade.

Resultados

A expressão do comportamento exploratório não diferiu nos tratamentos avaliados. Quando se avalia a frequência de comportamento estereotipado, as matrizes da GG apresentaram 2,52 vezes a mais deste comportamento do que as do CS. Enquanto as matrizes da GC apresentaram 1,99 vezes a mais deste comportamento do que as do CS (Tabela 4). O comportamento estereotipado eventualmente ocorreu concomitante com as expressões de comportamentos ativos e outros, portanto seu cálculo foi realizado separado das demais expressões comportamentais, buscando conseguir uma análise mais completa de todas as expressões comportamentais elencadas no estudo. Devido a isso, as somas das porcentagens de comportamentos realizados pelas matrizes suínas descritas na Tabela 4 é superior a 100%, sendo corrigido quando se faz o cálculo suprimindo as frequências de comportamentos estereotipados.

Tabela 4. Porcentagem de comportamentos realizados pelas matrizes de acordo com o sistema de criação adotado.

Comportamento	Tratamento		
	GG	GC	CS
Exploratório	5,20%a	3,51%a	3,11%a
Agonístico	0,07%b	0,26%a	0,20%ab
Social positivo	0,86%a	0,55%a	4,26%b
Ativo	10,96%a	10,60%b	9,43%c
Estereotípias	26,49%a	21,78%b	10,53%c
Outros	83,27%a	84,96%a	86,34%a

GG: Fêmeas criadas em gaiolas, GC: Fêmeas criadas em gaiolas até os 42 dias de gestação, CS: Fêmeas criadas em baias coletivas no seu período gestacional. Letras diferentes diferem estatisticamente em (P<0,05) teste de Tukey.

Matrizes criadas no CS executaram mais comportamentos sociais positivos que as matrizes criadas no GG e GC (Tabela 4). Matrizes criadas em gaiolas se apresentaram mais ativas, no decorrer do tempo, que as matrizes criadas coletivamente. As matrizes do CS apresentaram menor porcentagem de fêmeas ativas, que os demais tratamentos. Matrizes da GG gastaram menos tempo com interações agonísticas que as matrizes da GC. Não houve diferença no tempo gasto com brigas entre os tratamentos GC e CS e entre CS e GG. A porcentagem de matrizes que se mantiveram deitadas, de olhos abertos ou fechados, com ou sem estereotípias (comportamento outros), foi maior nas matrizes criadas coletivamente (Tabela 4).

As matrizes da GG tiveram maior frequência de expressão do comportamento exploratório que as matrizes do CS em todos os tempos gestacionais observados. Após a mistura das matrizes da GC, que ocorreu aos 42 dias de gestação, observou-se uma queda na frequência de ocorrência dos comportamentos exploratórios e estereotipados (Figura 1). Observa-se que aos três dias de gestação a frequência de



brigas no CS foi maior que nos outros períodos e aos 24, 42 e 100 dias de gestação não houve diferença na frequência de comportamentos agonísticos nessa criação, demonstrando um equilíbrio no estabelecimento da hierarquia entre as matrizes. Na criação GC, a frequência de brigas aos 3 e 24 dias de gestação se assemelhou às frequências encontradas na GG, porém aos 42 e 100 dias de gestação as frequências de comportamentos agonísticos foram maiores do que nas matrizes da GG e CS. O manejo das matrizes em gaiolas diminuiu a frequência de expressões de comportamentos sociais positivos. As matrizes criadas em baias coletivas desde o início do período gestacional apresentaram mais frequências de comportamentos sociais positivos que as demais criações.

As frequências de matrizes ativas nas criações em gaiolas também foram mais altas que nas matrizes criadas em baias coletivas. As matrizes da GC foram mais ativas do que as do CS aos 3 e 24 dias de gestação, depois passaram a ficar mais tempo em repouso e se assimilaram ao tempo de atividade do CS (Figura 1).

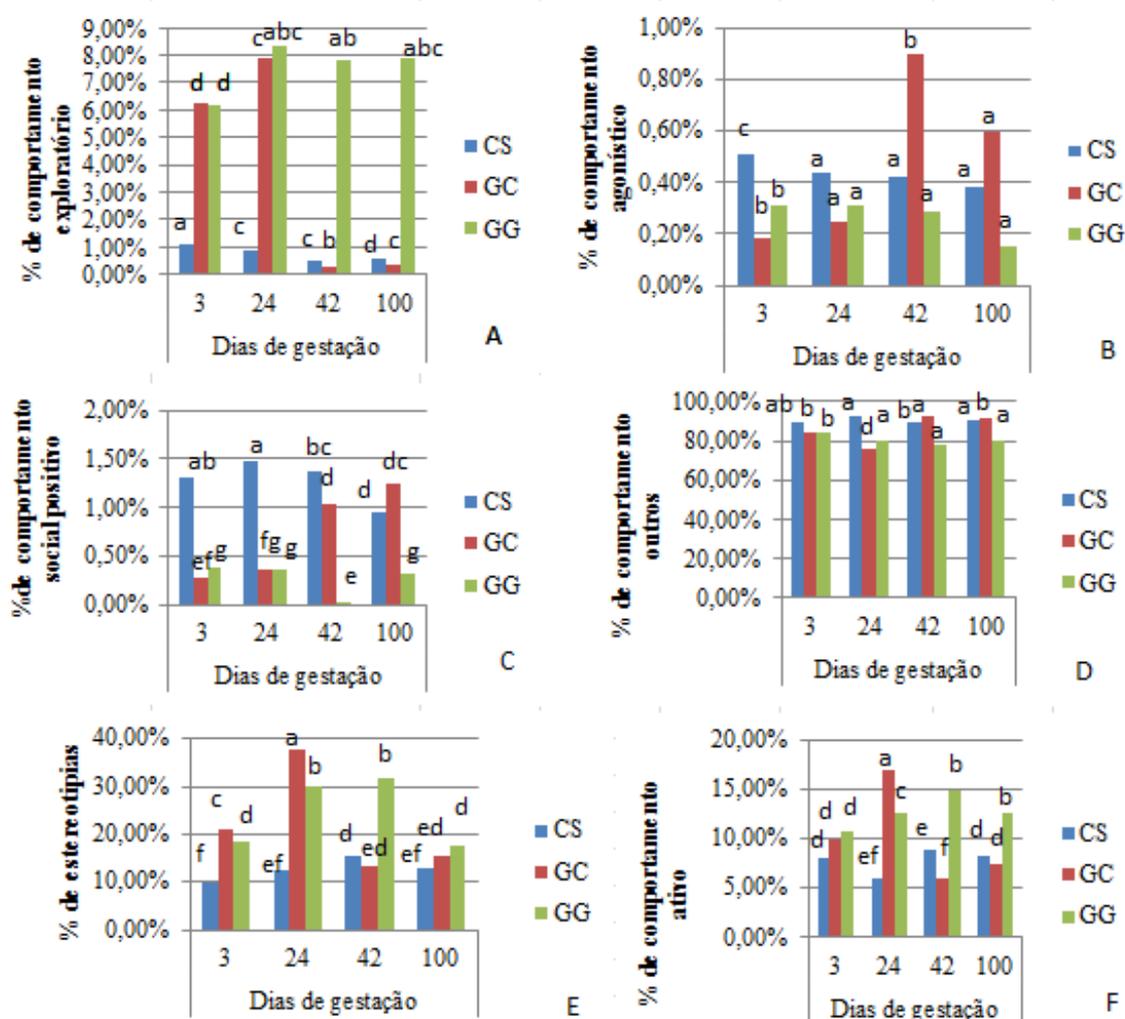


Figura 1. Frequências de comportamentos expressados pelas matrizes suínas de acordo com o tipo de criação e o tempo gestacional (A, B, C, D, E e F).



Discussão

O maior tempo de atividade dispendido pelas matrizes da GG pode ser explicado pelo maior desconforto destas matrizes em local restrito. As matrizes da GC apresentaram maior tempo em atividade e menor em repouso, quando estavam em gaiolas, e tempo semelhante, em repouso e atividade, aos 42 e 100 dias de gestação, quando comparadas às matrizes do CS. Chapinal et al. (2010) concluíram que matrizes alojadas em grupo aumentam o seu período de repouso e diminuem os comportamentos estereotipados. Baptista et al. (2011) corrobora com esse resultado e enfatiza que a maior atividade das matrizes em gaiola é permanecer em pé e em estereotipia, estando de acordo com os resultados encontrados nesta pesquisa.

A maior frequência de comportamento estereotipado ocorreu aos 24 dias de gestação nas matrizes da GG e GC. A queda na frequência de estereotipias aos 42 dias de gestação da matriz da GC coincide com o momento em que essas matrizes foram soltas nas baias coletivas e ainda estavam se adaptando ao ambiente. Este mesmo período coincide com o aumento da expressão de comportamentos agonísticos neste grupo. Pode-se notar que a frequência de estereotipias nos dias subsequentes à soltura não diferenciaram entre as matrizes da GG, demonstrando que o hábito adquirido de comportamentos estereotipados, quando estavam nas gaiolas, necessita de mais tempo para serem diminuídos.

A frequência de comportamentos agonísticos foi maior no grupo de GC logo após a mistura das fêmeas nas baias (42 dias de gestação) que na criação CS misturada aos três dias de gestação. A frequência de brigas na GC aos 100 dias de gestação já se assemelhava às frequências encontradas no CS aos 100 dias de gestação, demonstrando uma estabilidade na disputa por hierarquias. O estabelecimento da hierarquia em matrizes criadas em baias coletivas com grupos dinâmicos foi o principal fator responsável pelos altos níveis de comportamentos agonísticos encontrados nos grupos de CS e GC. Apesar de não ter sido verificada diferença estatística entre as frequências de brigas da GC e CS, as fêmeas da GC tenderam a brigar mais que essas, talvez isso explique a maior porcentagem de feridas na vulva, grau 1 e 2, encontradas nas fêmeas da GC (15,67%) contra as do CS (13,88%). No entanto, as matrizes do CS apresentaram maior frequência de vulva com feridas ativas e sangrando (5,56% contra 4,56% da GC).

Strawford et al. (2008) concluíram que a agressão nas quatro primeiras horas após a mistura foi semelhante em grupos misturados logo após a inseminação ou 37 a 46 dias após. Verificaram que a frequência global de agressão, quando estudadas ao longo da gestação, foi maior para as matrizes misturadas mais cedo que para as misturadas mais tarde. Neste experimento, as matrizes misturadas tardiamente brigaram mais que as misturadas precocemente. Quando as matrizes são misturadas nos grupos, as frequências de brigas aumentam com o intuito de restabelecerem a hierarquia. Uma vez estabelecida a hierarquia, a frequência de brigas diminuem, porém em situações onde possuem disputas por alimentos e espaços as frequências de brigas tendem a ser maiores.

A menor expressão de estereotipias nas matrizes do CS pode ser atribuída à possibilidade dessas matrizes expressarem mais os comportamentos exploratórios (tanto do ambiente como pela busca de alimentos), as interações sociais e a necessidade de locomoção que as matrizes da GC (até os 42 dias de gestação) e GG. De acordo com Manteca (2013), algumas necessidades de comportamento são imprescindíveis para a manutenção do bem-estar dos suínos, e quando não atendidas



alteram a produção e causam padecimento mental. Os comportamentos com necessidade de expressão incluem:

- Exploração e busca de alimento.
- Locomoção.
- Construção do ninho antes do parto.
- Contato social (BERGERON; MEUNIER-SALAUN; ROBERT, 2008), quando os animais conseguem expressar tais comportamentos o nível de estereotipia será baixo ou zero.

A maior ocorrência de comportamentos agonísticos nos grupos criados coletivamente foram as principais responsáveis pela maior frequência de feridas corporais, sendo que as matrizes do CS apresentaram maior frequência de lesões severas (grau 2) que as da GC. Esta maior frequência pode estar relacionada ao fato das feridas não conseguirem cicatrizar devido às frequentes brigas e às matrizes sempre morderem os mesmos locais do corpo, como pescoço e parte anterior do animal. Diversos autores encontraram maior número de lesões nas matrizes criadas coletivamente, porém relatam que isso não foi o suficiente para reduzir os parâmetros reprodutivos (CUNHA, 2015, HEMSWORTH et al., 2015, KNOX, et al. 2014,). As gaiolas se demonstraram eficazes na redução dos comportamentos agonísticos e diminuição da severidade das lesões corporais.

Conclusão

A possibilidade de expressar parte de seus comportamentos naturais, como se exercitar, buscarem o alimento, socializar com outros animais, evidenciou uma diminuição no estresse das matrizes, o que foi notado pela diminuição significativa da expressão de estereotipias.

Pesquisa 3. Avaliação da viabilidade econômica dos sistemas de gestação coletivas de matrizes suínas

Os sistemas de criações alternativas de habitações em grupo para matrizes suínas têm demonstrado mais vantagens do que desvantagens em relação ao bem-estar animal (Deen et al. 2005). Além da imagem positiva do bem-estar, o baixo investimento de capital e o acesso a nichos de mercado são alguns atributos que tornam os sistemas alternativos de produção de suínos atraentes para os produtores (Brumm et al., Honeyman, 1996). Contudo, investimentos em bem-estar têm sido relacionados ao aumento do custo de produção (Den Ouden et al., 1997). Dependendo das alterações específicas que precisarem ser executadas pode haver a necessidade de reduzir a produção, além do aumento dos investimentos nas instalações (McInerney, 2004).

Este estudo busca orientar os produtores brasileiros sobre a diferença do custo de implantação e manutenção dos sistemas de criação de matrizes suínas em baias coletivas com alimentadores eletrônicos e matrizes criadas em gaiolas, por meio de um estudo de caso realizado em uma granja localizada em Brasília-DF.



Material e método

Os dados de produtividade foram coletados do programa de gerenciamento da granja e englobam dois anos de dados para cada sistema produtivo proposto. Os dados financeiros foram coletados e analisados pelo Instituto Coppead de Administração da UFRJ e também fizeram parte do escopo de uma dissertação de mestrado (MAURO, P.A., 2015).

Para compor a base de dados da avaliação financeira foram considerados os dados de produtividade de leitões nascidos vivos, taxa de parto, leitões desmamados e valor de mercado do cevado e do leitão desmamado, considerando quatro cenários de manejo:

- Criação em gaiolas (GG).
- Criação em gaiola modernizada (GG MOD) onde simulou uma granja com criação em gaiolas com sistemas de arraçoamento e distribuição de água automatizada.
- Gestação coletiva (GC) com fêmeas manejadas até os 42 dias em gaiolas e após transferidas para baias coletivas com sistemas eletrônicos de alimentação.
- Matrizes manejadas em baias coletivas (CS) com sistemas eletrônicos de alimentação.

Avaliação financeira

O método utilizado foi o do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) considerando um cenário sem endividamento, de acordo com o sugerido por Gameiro (2007).

O modelo de fluxo de caixa descontado proposto para avaliação de granjas de suinocultura é constituído por três componentes: a estrutura de contas necessárias para se encontrar o Fluxo de Caixa Livre da Empresa (FCLE), uma sugestão sobre os períodos de projeção a serem utilizados e uma sugestão de taxas de desconto.

O elevado investimento nas granjas de suinocultura as caracteriza como um negócio de retorno a longo prazo, por isto, os pesquisadores da COPPEAD sugerem que seja realizada uma avaliação financeira com operação de pelo menos dez anos de projeção com perpetuidade sem crescimento a partir do último ano de projeção explícita. A seleção de dez anos como prazo mínimo se baseia no prazo de pagamento concedido pelo BNDES no Programa Inovagro.

A taxa de desconto real utilizada para representar o risco do negócio de suinocultura foi de 8% a.a. Este valor foi estimado pelo modelo de precificação dos ativos financeiros (MPAF) utilizando base de rentabilidade dos títulos do Tesouro Direto e no risco de mercado das principais empresas do setor.

Resultado

Os valores reprodutivos listados na Tabela 5 demonstram um ligeiro aumento na produtividade de matrizes suínas criadas em baias coletivas quando comparadas com as matrizes manejadas em gaiolas, exceto para os parâmetros de peso médio da leitegada e peso médio do leitão nascido vivo.



Tabela 5. Parâmetros reprodutivos das granjas nos anos de 2012/13 (GG) e 2013 (GC e CS).

Granjas	GC		CS		GG e GG moderna	
	Indicador	N° de coberturas	3.350	N° de coberturas	3.350	N° de coberturas
Taxa de parto %	92,75 a	3.107	92,94 a	3.113	91,17 b	5.242
N° de nascidos totais	15,84 a	49.223	16,04 a	49.940	15,52 b	81.333
N° de nascidos vivos	14,24 a	44.231	14,50 a	45.141	13,76 b	72.145
Peso médio da leitegada (Kg)	19,34 a	60.078	19,52 a	60.787	19,33 a	101.351
Peso médio do leitão nascido vivo (Kg)	1,36 a	60.078	1,35 a	60.787	1,40 b	101.351
Peso dos desmamados (Kg)	5,74 a	253.913	5,74 a	259.138	5,02 b	362.225
N° de desmamados	12,9 a	40.080	12,84 a	39.971	12,2 b	63.952

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente $P < 0,001$, no teste de Tukey.

A receita líquida gerada nas granjas com manejo em gestação coletiva, levando em consideração a receita gerada pelo número de matrizes, é superior à das granjas em gaiolas, uma vez que essas possuem maior número de leitões nascidos vivos e desmamados.

As granjas com manejos coletivos requerem uma maior despesa com itens de consumo do que as granjas manejadas com gaiolas, porém, esses valores representam um menor percentual da receita bruta (41% no CS e 41,79% GC) do que nas granjas com manejos somente em gaiolas (41,80% GG e 41,79% GG moderna). A ração ainda continua sendo um dos maiores gastos das granjas de suínos chegando a 30% dos gastos totais da granja.

Pode-se notar uma compensação dos valores gastos nos itens de consumo pela redução da mão de obra necessária no manejo da CS e GC, uma vez que trabalham com sistemas de alimentação automatizados. O lucro gerado por uma matriz (receita líquida menos os custos e despesas) nas granjas CS e GC supera em mais de R\$220 reais os valores alcançados pelo manejo em gaiolas.

O investimento em equipamentos nas granjas GC e CS chega a ser até 10% maior do que o necessário para a implantação da GG. Porém, quando se pensa em modernizar a GG, esse valor chega a ser apenas 4 a 5% maior. O investimento inicial para implantar uma propriedade com manejo coletivo de matrizes suínas é mais elevado que para se iniciar uma criação em gaiolas, podendo esse valor ser até 22% maior. Para se iniciar um sistema misto de criação (GC) o investimento inicial é apenas 1,7% menor que a implantação de uma granja no sistema CS.

O fluxo de caixa livre das granjas (FCLE) é calculado com base no lucro líquido, somado à depreciação dos equipamentos e posteriormente subtraído do capital e investimentos realizados. Desta forma, o fluxo de caixa livre das granjas CS e GC são maiores do que as GG moderna e GG, sendo R\$492,32, R\$ 452,72, R\$305,22 e R\$286,30 respectivamente, por matriz alojada.



Tabela 6. Valor presente líquido (VPL) do fluxo de caixa livre da empresa (FCLE), taxa interna de retorno (TIR) e payback dos investimentos realizados nas granjas com GG, GG moderna, GC e CS.

Avaliação financeira (i=8%)	Resultados (fluxo com perpetuidade)			
	GG	GG moderna	GC	CS
VPL do FCLE sem endividamento	R\$ 1.001.224,47	R\$ 963.811,48	R\$ 2.004.280,77	R\$ 2.514.781,92
TIR sem endividamento	9,24%	9,10%	11,20%	11,94%
TIR modificada sem endividamento	8,00%	8,00%	8,001%	8,01%
Payback simples sem endividamento	11,77 anos	11,92 anos	9,9 anos	9,36 anos
Payback descontado sem endividamento	23,31 anos	24,22 anos	15,78 anos	14,21 anos

Como se pode observar na Tabela 6, considerando a perpetuidade das granjas, para a taxa de avaliação de 8% os negócios se apresentam como viáveis com retorno acima ou praticamente igual ao requerido. Com o melhor resultado, a CS tem um VPL maior do que os outros cenários, o que deixa a GC com o segundo melhor desempenho. A TIR é a taxa de desconto que faz com que o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto seja zero. Um projeto é considerado atrativo quando sua TIR for maior do que o custo de capital do projeto, ou seja, for maior que zero.

Para completar a análise de viabilidade do projeto foi calculado o payback simples, que não leva em consideração o rendimento dos juros do dinheiro investido e o payback descontado que calcula o tempo necessário para que se obtenha o retorno financeiro do dinheiro investido, considerando o rendimento deste dinheiro se estivesse aplicado. Em ambos os casos, as granjas com sistemas CS e GC se demonstraram ser um investimento de menor risco, com um tempo de retorno financeiro menor do que as granjas com manejos em gaiolas.

Conclusão

Os resultados financeiros demonstram um bom cenário de retorno econômico para todas as granjas avaliadas. Apesar de o investimento inicial ser maior na granja CS, devido aos equipamentos de alimentação eletrônicos importados, esta granja (CS) merece um destaque maior demonstrando retornos mais seguros aos investidores e menor tempo de retorno do dinheiro investido do que as demais granjas (Payback simples), chegando a quase 10 anos a menos do que as GG e GG moderna.

A modernização de uma granja antiga pode não levar aos retornos econômicos esperados quando a taxa de juros (TIR) para a aquisição dos equipamentos de alimentação automáticos aplicada for alta. Foi o que ocorreu com a GG moderna que com uma taxa de 8% ao ano apresentou menor valor presente líquido (VPL) e maior tempo de payback que os outros investimentos. Conclui-se que a diminuição da mão de obra muitas vezes não garante o retorno financeiro e deve ser repensada. Ressalta-se que uma possível economia com a quantidade de ração fornecida pode equiparar os resultados das granjas GG e GG moderna, porém esta situação não foi considerada nos cálculos.



Em contrapartida, o menor gasto com mão de obra no CS e as melhores taxas reprodutivas encontradas neste sistema, são pontos fundamentais para garantir um melhor retorno econômico que nos demais sistemas, aliados ao menor custo de instalações e depreciação. Como consequência destas vantagens, a margem EBIT (lucro das empresas antes dos impostos e taxas) dos modelos da CS gira em torno de 31%, contra 28% dos modelos GG tendo um maior Fluxo de Caixa Livre por Empresa (FCLE) estável por animal que é suficiente para compensar o investimento superior necessário para fazer os ajustes de bem-estar.

Agradecimentos

Instituto Federal de Brasília - IFB, UNB, Capes, WAP e Rubens Valentini.

Referências bibliográficas

- ANIL, L.; ANIL, S. S.; DEEN, J.; BAIDOO, S.K.; WALKER, R.D.; 2006. Effect of group size and structure on the welfare and performance of pregnant sows in pens with electronic sow feeders. *Canad. J. Veter. Res.*; 70, pp. 128-136.
- BORTOLOZZO, F. P., GAGGIANI, T. S., FERRARI, C. V., WENTZ, I. 2012. Leitões mumificados em um sistema de produção: como interpretar e enfrentar diferentes desafios? VII SINSUI - Simpósio Internacional de suinocultura. Porto Alegre-RS.
- BRUMM, M. C., HARMON, J. D., HONEYMAN, M. S., KLIEBENSTEIN, J. B., ZULOVICH, J. M., 1999. Hoop structures for gestating swine. *AED-44. MidWest Plan Service, Ames, IA.*
- CHAPINAL, N., RUIZ DE LA TORRE, J. L., CERISUELO, A. , GASA, J., BAUCCELLS, M. D., COMA, J. VIDAL, A. MANTECA, X. 2010. Evaluation of welfare and productivity in pregnant sows kept in stalls or in 2 different group housing systems. *Journal of Veterinary Behavior, Vol 5, N° 2, March/April.*
- CUNHA, E. C. P, 2015. Avaliação de diferentes sistemas de alojamento durante a gestação de leitões nas lesões, desempenho reprodutivo e peso dos leitões ao nascimento. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, programa de pós-graduação em ciências Veterinárias.
- DEN OUDEN, M. et al. Economic optimization of pork production-marketing chains: I model input on animal welfare and costs. *Livestock Production Science, Amsterdam, v.48, p.23-37, 1997.*
- HONEYMAN, M. S., 1996. Sustainability issues of U.S. swine production. *J. Anim. Sci. 74, 1410-1417.*
- HÖTZEL, M.J.; MACHADO FILHO, L.C.P. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. *Revista de etologia, v.6, p. 3-15, 2004.*
- HÖTZEL, M.J.; SOUZA, G.P.; MACHADO Fº, L.C.P. et al. 2007. Estresse e reconhecimento de seres humanos em leitões recém desmamados. *Revista Biotemas, v.4, n. 20, p. 91-98.*
- HULBERT, L.E., MCGLONE, J.J., 2006. Evaluation of drop versus trickle - feeding systems for crated or group - penned gestating sows. *J. Anim.Sci. 84, pp. 1004-1014.*
- JOHN DEEN, SAM BAIDOO, REBECCA MORRISON, LEENA ANIL. 2005. Comparison of Housing Systems for Gestating Sows. *Swine Extension. University of Minnesota.*
- KNOX, R. et al.2014. Effect of day of mixing gestating sows on measures of reproductive performance and animal welfare. *Journal of Animal Science, v.92, n.4, p.1698-1707, 1 april.*



MAGNABOSCO, D., BORGES, V. F., BERNARDI, M. L., WENTZ, I., BORTOLOZZO, F. P. 2003. Mumificação fetal na suinocultura moderna: Importância e fatores de risco. Salão de iniciação científica. Livro de resumos. Porto Alegre-RS. UFRGS.

MELCHIOR R., ZANELLA I., ALBERTO LOVATTO P., ROBERTA LEHNEN C., LANFERDINI E., ANDRETTA I. 2012. Meta-analysis on the relationship among feeding characteristics, salivary and plasmatic cortisol levels, and performance of pregnant sows housed in different systems. *Livestock Science*, 150.(1-3), pp. 310-315.

MENGELING, W.L.; LAGER, K.M.; VOWALD, A.C. 2000. The effect of porcine parvovirus and respiratory syndrome virus on porcine reproductive performance. *Animal Reproduction Science*, v. 60-61, p. 199- 210.

PESCADOR, C. A., BANDARRA, P.M., ANTONIASSI, N. A.B., et al.,2010. Metodologia aplicada na avaliação de fetos suínos abortados e natimortos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 30(12): 1058-1063.

WHITTAKER, A. L., KENNAWAY, D. J, PLUSH, K. J. , TERRY, R., W. VAN WETTERE, H.E.J.; 2015. Effects of space allocation and parity on selected physiological and behavioural measures of well-being and reproductive performance in group-housed gestating sows. *Livestock Science* 176. pp.161-165.

YUNA J.; SWANA, K.M, OLIVIERO C. , PELTONIEMI, O., VALROS A., 2015. Effects of prepartum housing environment on abnormal behaviour, the farrowing process, and interactions with circulating oxytocin in sows. *Applied Animal Behaviour Science* 162 20-25.



EXPERIÊNCIA BRASILEIRA NA IMPLANTAÇÃO DA GESTAÇÃO COLETIVA: SUCESSO DAQUELES QUE JÁ ESTÃO UTILIZANDO O SISTEMA DE GESTAÇÃO COLETIVA

Valentini, R. e Triacca, C.P.

InfoporcBrasil, Fazenda Miunça, Brasília, DF

Introdução

Na prática, e na teoria, uma suinocultura que atende à demanda mundial e os desejos de uma criação altamente tecnicizada e respeitosa aos animais é uma suinocultura que pode entrar em qualquer nação importadora de carne suína. O Brasil, com a pujança que tem nesse mercado, não pode seguir por outro caminho senão o que levará o setor nacional, no futuro, a atender os três principais pilares que definirão o comércio internacional de carnes: alto nível de sanidade dos plantéis, respeito aos animais e ao meio-ambiente.

Grandes agroindústrias brasileiras já oficializaram que irão adequar suas instalações antigas. Novos projetos estão sendo construídos já com o sistema de gestação coletiva, e a grande maioria irá realizar estas alterações em um prazo de 10 anos. As maiores redes de *fast-food* também informaram nas mídias que deixarão de comprar carne suína de fornecedores que não banirem as gaiolas de gestação individual. No mercado independente, quem está construindo ou ampliando também está seguindo pelo mesmo caminho. A gestação coletiva é um conceito sólido, que vai além de atender normas de bem-estar: trata-se de um conceito que alia alta gestão de pessoas, de dados reprodutivos e alta performance.

Legislação para o bem-estar animal

A União Europeia é pioneira quando se trata de bem-estar animal. Desde 01 de janeiro de 2013 é proibido gestar porcas em gaiolas após o fim da 4ª semana de gestação, mas em alguns países como Dinamarca, Suécia e Holanda as restrições podem ser mais rigorosas. Nos Estados Unidos, nove Estados já baniram as gaiolas de gestação e as maiores redes de alimentação são favoráveis a gestação coletiva, e se recusam a comprar de fornecedores que não atendam às exigências de bem-estar na gestação. O Canadá anunciou em 2014 que até 2024 irá banir totalmente o sistema de gaiolas de gestação. Na África do Sul, Austrália e Nova Zelândia existem acordos voluntários entre produtores e associações para o banimento das gaiolas de gestação individuais até 2020. Na América Latina ainda não há legislações para o tema e, no Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, Brasília/DF) criou, em 2008, a Comissão Técnica Permanente de Bem-Estar Animal para cuidar especialmente das questões relativas a este tema. O Brasil, sendo um País signatário de acordos internacionais da OIE, muito em breve deverá ter pelo menos uma Orientação Técnica do Ministério da Agricultura que mudará os rumos da suinocultura definitivamente até que se tenha uma legislação nacional adequada para este tema.



A DIRECTIVA 2008/120/CE DO CONSELHO da União Europeia, de 18 de Dezembro de 2008, norma que abrange toda a comunidade europeia, é o que se tem de maior quando se fala em atender às necessidades de bem-estar animal em suínos. A legislação europeia de bem-estar dos suínos tem, como ponto principal, a proibição do uso de gaiolas individuais a partir da 4ª semana de cobertura até 7 dias que antecedem ao parto. Dentre outras regras, destaca-se o espaço por fêmea que deve ser respeitado de acordo com o número de fêmeas por baia: de 6 a 40 matrizes por baia o espaço deve ser de 2,25m² devendo ser aumentado em 10% quando menos de seis fêmeas por grupo ou podendo ser reduzido em 10% quando em grupos maiores que 40 fêmeas. A superfície de piso vazado e piso compacto deve seguir a proporção de 42% / 58%.

Gestação coletiva no Brasil

No Brasil, o conceito de Gestação Coletiva com sistema eletrônico de alimentação (ESF – Eletronic Sow Feeding) foi aplicada na Fazenda Miunça em 2010, situada na região agrícola do Distrito Federal. O projeto pioneiro foi implantado voluntariamente visando atender, além de um melhor conforto para as matrizes, melhores índices de produtividade e redução de mão-de-obra. O sucesso e a curiosidade gerada pelo projeto contribuíram na superação de dúvidas e conceitos infundados. No início, dizia-se que o sistema traria piores índices de produtividade: taxa de concepção, abortos, retorno ao cio, nascidos totais e nascidos vivos, etc. No entanto, a constatação da simplicidade operacional do sistema e o fato da Fazenda Miunça ter excelentes índices zootécnicos e estar entre as melhores no “Campeonato Melhores da Suinocultura AGRINESS”, já tendo sido considerada a primeira entre as granjas de porte acima de 1000 matrizes, contribuíram para a adoção do conceito no Brasil.

O sistema convencional de gaiolas individuais de gestação é considerado por muitas entidades governamentais, pesquisadores e por toda União Europeia uma maneira cruel de criação. O fato é que a fêmea passa praticamente toda a vida em uma cela de 2,2m x 0,6m, ou até menos, onde ela tem seus movimentos restringidos a apenas deitar, levantar, se alimentar, urinar e defecar no mesmo local. Além disso, o comportamento social é totalmente afetado, pois não há interação entre várias fêmeas a não ser a do lado. As falhas de bem-estar que o sistema de confinamento causa vão desde estereotípias até um altíssimo nível de estresse contínuo e crônico onde os índices de produtividade podem ser prejudicados.

O modelo de Baia Coletiva é realizado com as matrizes passando o período de gestação em grupos onde possam ter liberdade de movimentos, exercer comportamentos sociais e hierárquicos em um ambiente com espaço por fêmea adequado e sem disputas por alimento e água. A legislação europeia permite que a porca passe as quatro primeiras semanas de gestação em gaiola individual para que depois seja solta em grupos. A Normativa europeia exige, ainda, que se façam subdivisões nas baias, chamadas de “baias ou ninhos de fuga”, com piso compacto para facilitar a formação de subgrupos hierárquicos e permitir ambientes protegidos para descanso.



Uso de mini-box

Muito se tem falado sobre atender às premissas do Bem-estar animal na Gestação de Matrizes usando a alternativa de uso de Mini-Box. É preciso lembrar, no entanto, que há muitos anos atrás as porcas eram criadas soltas e passaram a ser colocadas em gaiolas justamente para, entre outros benefícios, assegurar um melhor manejo nutricional, que atendesse de forma individualizada às exigências de cada fêmea. E a adoção de gaiolas de gestação, realmente, trouxe esses benefícios: maior facilidade de corrigir o score corporal das fêmeas, maior assertividade das exigências nutricionais durante o período de gestação, menor  ndice de brigas e, conseqüentemente, melhores índices reprodutivos. As gaiolas trouxeram avanços no desempenho de matrizes suínas, porém, na carona, vieram os problemas ligados ao diestress (termo em ingl s que designa estado de sofrimento físico e mental intenso ou Estresse Cr nico). O aumento de estereotípias, que são os comportamentos agonísticos - qualquer comportamento social relacionado à luta - e a redução de interação entre indivíduos, são alguns dos distúrbios mais característicos de porcas criadas intensivamente em gaiolas.

O moderno Mercado Consumidor de proteína animal quer um produto exposto na gôndola que, no seu processo de produção, não afetou o meio ambiente, não "exagerou" no uso de drogas e promotores de crescimento e não sofreu maus tratos durante a vida do animal. Dentro desta realidade, é preciso alertar suinocultores que queiram ampliar, ou adequar suas instalações para a Gestação Coletiva: criar porcas soltas, sem atentar para o manejo individual da nutrição da fêmea é um retrocesso tecnológico. Os "baratos" mini-box não permitem bons resultados zootécnicos e econ micos. O sistema permite, apenas aparentemente, atender à legislação europeia. O mini-box livra a porca do confinamento em gaiolas e lhe d  liberdade de movimentos, mas a expõe a outras formas de estresse e sofrimentos.

O Mini-Box traz, além de uma disputa enorme por alimento, fêmeas submissas passando fome e fêmeas dominantes se alimentando duas ou três vezes mais que sua curva diária de alimentação. Nesse sistema, é praticamente impossível o controle de score corporal. E, observe-se, além de ser comum o aparecimento de porcas com vulvas mordidas e machucadas por disputas alimentares. Nesse sistema de grupos, também   impossível uma identificação precisa das fêmeas que retornam ao cio. Granjas que pensam em projetos novos de gestação coletiva com uso de mini-box estarão regredindo, dando um passo atrás na questão da gestão nutricional da fêmea gestante. O adequado manejo nutricional é o elemento crucial para o sucesso dos índices reprodutivos de uma granja e tem enorme impacto na rentabilidade da suinocultura moderna.

Vantagens do Sistema ESF (Eletronic Sow Feeding)

Quando se fala de baias coletivas com controle eletrônico de alimentação, os ganhos nutricionais pela precisão do fornecimento e dosagem de ração são muito importantes.   possível por meio de uma curva de alimentação individual fornecer com exatidão as exigências nutricionais da fêmea suína de acordo com parâmetros importantes, como o período de gestação, estado corporal, ordem de parto ou fatores genéticos. Tudo isso traz benefícios econ micos quanto ao gasto efetivo com nutrição, que na suinocultura pode chegar até 75%, assim como melhorias significativas na qualidade e homogeneidade da leitegada. Em um sistema automatizado de



gestação coletiva a mão-de-obra é reduzida também, mas é preciso investir em pessoas mais qualificadas.

As máquinas ESF (também chamadas de Estações de Alimentação Eletrônica) utilizadas nas instalações da Fazenda Miunça, são equipamentos importados da Áustria, com corredores retilíneos, dotados de portas de entrada e saída e dentro dos quais a ração é fornecida ao animal em um comedouro retrátil, nas quantidades individuais definidas pelo nutricionista. Essa individualização é possível por meio da aplicação de um “chip” eletrônico (transponder) na orelha das porcas que, através de sensores na máquina, permite a comunicação de dados com o computador de controle do sistema. Quando não há porca sendo alimentada, a porta de entrada da ESF fica aberta e, ao cruzá-la, a fêmea em busca de alimento aciona um sensor de presença que comanda o fechamento da porta e outro sensor lê o *chip* eletrônico e “pergunta” ao computador central qual a quantidade de ração que aquela porca específica deve receber. O dosador da máquina entra então em ação fornecendo aquele volume total, mas em pequenas quantidades sucessivas, adicionadas de volumes reguláveis de água até que, completado o processo, as duas portas - de entrada e saída - se abrem e a porca sai, por si ou é forçada por outra que quer entrar, retornando ao grupo.

O sistema tem a característica de interromper o fornecimento das porções do alimento caso o animal não coma uma delas no tempo predeterminado para fazê-lo. Neste caso, a quantidade remanescente de ração fica disponível até o horário de encerramento do período diário de alimentação, não se acumulando para o dia seguinte. É possível trabalhar com mais dois micro dosadores que podem suplementar a dieta em uso, com a inclusão de aminoácidos, vitaminas, minerais ou até mesmo antibióticos, tudo de forma individual, ou seja, se escolhe qual porca ou grupo de porcas devem ser suplementadas. Além dos processos de arrazoamento, ainda é possível operar com sistema de seleção automática onde a ESF, desde que previamente configurada para isso, envie para o corredor as porcas selecionadas, seja para o encaminhamento à maternidade quando da data próxima ao parto, ou quanto para a realização de qualquer atividade de manejo, vacinações, etc. O operador pode ainda optar por realizar este procedimento mantendo as fêmeas na baia por meio de marcações em spray de até duas cores. A ESF faz tudo eletronicamente com mínima mão-de-obra. Após a 15ª semana de gestação, as matrizes são encaminhadas para a maternidade e nessa fase os processos são iguais a uma granja convencional.

Há inúmeras outras marcas de máquinas ESF, cada uma com suas características específicas. O que torna o sistema eletrônico de alimentação de porcas essencial para a gestação coletiva é a capacidade de individualizar a alimentação das gestantes. Sem essa individualização não é possível desfrutar dos avançados conhecimentos da nutrição. E, perdendo-se a chance de disponibilizar a nutrição adequada aos animais, perde-se eficiência e rentabilidade. No ambiente de extrema competição em que vive o suinocultor brasileiro, com margens cada vez mais apertadas, perder rentabilidade acaba sendo fatal.



Projetos novos e adequações de instalações convencionais

Para investir nesse novo conceito, o suinocultor primeiramente precisa ter um suporte técnico altamente eficiente para o desenvolvimento de projetos adequados a sua realidade. Não existe receita de bolo, cada granja tem suas particularidades construtivas. Uma vez construído, o erro ficará para sempre na instalação e os prejuízos podem ser altíssimos. Para novos projetos, também é preciso primeiramente conhecer o sistema e visitar granjas em funcionamento no Brasil. A Fazenda Miunça atua também como uma "granja escola" capacitando produtores a trabalhar com o sistema automatizado ESF (Eletronic Sow Feeding).

Não há uma instalação padrão, mas existem algumas regras que não devem ser negligenciadas no sistema de gestação coletiva com sistema eletrônico de alimentação:

- Respeitar o espaço livre por animal.
- Separar leitoas e primíparas das demais fêmeas de ordens de parto superiores.
- Disponibilizar "baías de fuga" para facilitar a formação de subgrupos e minimizar as brigas.
- Respeitar a adequada proporção de piso compacto x piso vazado.
- Disponibilizar área exclusiva para treinamento de leitoas.
- Respeitar a socialização e hierarquia dos suínos.
- Nunca permitir que haja disputa por alimento.
- Equipamento eficiente e operado por pessoas capacitadas.

No Brasil ainda é muito pequeno o percentual de granjas que já aderiram a este sistema e que estão ativos, mas se considerarmos nessa soma os projetos em estudo e os que estão aguardando liberação de recursos para iniciar as obras temos algo em torno de 80 mil matrizes o que representa cerca de 5% do plantel nacional tecnificado.

Manejo cobre e solta

Trata-se do manejo de inseminar as porcas e, imediatamente após a última dose de sêmen, soltar estas fêmeas em grupos. Os dados europeus, também corroborados na Fazenda Miunça, mostram que os resultados zootécnicos são os mesmos ou até melhores quanto à taxa de parição e números de nascidos totais e vivos, com os mesmos pesos médios e distribuição de pesos de nascimento. Dessa forma, reduz-se o período em gaiola à fase de cobertura – de 3 a 7 dias em média após o desmame, que permite o rigoroso controle de nutrição disponibilizado pelas máquinas ESF desde o início da gestação, com todas as vantagens decorrentes. Para permitir a identificação das fêmeas postas em grupos logo após a cobertura e que porventura retornem ao cio, foi criado um sistema simples, mas eletrônico de detecção de cio, que registra as visitas que as fêmeas fazem a uma gaiola com um macho inteiro localizada na divisória entre duas baias coletivas. De acordo com o número e o tempo de visitas, o sistema, baseado num *software* específico, identifica a fêmea que está no cio e tanto pode marcá-la com um jato de tinta Spray como pode separá-la para o corredor quando esta procurar a ESF para se alimentar. Estas "antenas de machos" tornam fáceis e sem esforço humano a tarefa de identificar as



repetições de cio na gestação coletiva. Atualmente, a Fazenda Miunça conta com um plantel 3.800 matrizes em gestação coletiva.

Tabela 1. Resultados da avaliação comportamental durante o período gestacional nos três sistemas de alojamento de matrizes: cobre e solta, gestação coletiva 42 dias, e gestação em gaiola, realizado na Fazenda Miunça.

Grupos/índices	Cobre e solta	Gestação coletiva	Gestação em gaiolas
Dias de gestação	116,68 a	116,78 a	116,96 b
Total de nascidos	16,01 a	15,8 ab	15,51 b
Nascidos vivos	14,44 a	14,15 a	13,76 b
Mumificados	0,39 a	0,42 a	0,47 a
Peso de leitegada	19,51 a	19,49 a	19,38 a
Peso médio leitão ao nascer	1,36 c	1,40 b	1,43 a
Repetição de cio	3,78% a	3,50% a	4,30% b
Aborto	1,34% a	1,63% a	1,30% a
Taxa de parição	92,94% ab	93,23% a	91,12% b

Estudo de caso: Gestação coletiva de matrizes suínas: visão brasileira da utilização de sistemas eletrônicos de alimentação

Parte da tese de Doutorado de Julia Eumira Gomes Neves, dados não publicados (2015).

Literatura citada

Directiva 2008/120/CE DO CONSELHO, relativa às normas mínimas de protecção de suínos. Jornal Oficial da União Europeia. 18 de dezembro de 2008. L. 47, p. 5-13.

RIBAS, J.C.R.; NEVES, J.E.G.; MAURO, P.A.; LEMME, C.F; RUEDA, P.; CIOCCA, J.R.P. Estudo de caso - Gestação coletiva de matrizes suínas: visão brasileira da utilização de sistemas eletrônicos de alimentação. Estudo de caso. pp 1-4. Word Animal Protection. 2015.



EVITANDO A CASTRAÇÃO: PERSPECTIVAS

Prof. Dr. Caio Abécio da Silva

*Departamento de Zootecnia
Universidade Estadual de Londrina*

Introdução

O principal objetivo da castração de suínos machos é a prevenção do odor/sabor repulsivo na carne após sua submissão ao tratamento térmico. Este defeito é causado pela androstenona (5α -androst-16-ene-3-ona), que se acumula nos tecidos gordurosos e está associada ao odor de urina; e pelo escatol (3-metilindol), substância não específica dos machos, proveniente da degradação microbiológica do triptofano no intestino, e que está associado ao odor fecal (DUNSHEA, 2001).

A androstenona tem sua produção controlada pelo sistema neuroendócrino, particularmente pelo hormônio luteinizante (LH). O hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), produzido pelo hipotálamo, é o principal regulador da secreção de LH, que se liga aos receptores na superfície das células de Leydig, resultando na indução das enzimas da esteroidogênese e aumento dos níveis de esteróides testiculares (androstenona) (EINARSSON, 2006). O efeito fisiológico da androstenona é apenas como feromônio, estimulando funções reprodutivas na fêmea suína (CLARKE et al., 2008; ZAMARATSKAIA, 2004).

Ao contrário da androstenona o escatol é produzido tanto nos machos quanto nas fêmeas, sendo absorvido pela corrente sanguínea, metabolizado pelo fígado e, posteriormente, transferido do plasma para o tecido adiposo, acumulando-se na gordura, em especial mais nos suínos machos à medida que se tornam mais maduros sexualmente (ANDRESSEN, 2006). Segundo Doran et al. (2002), altos níveis de escatol não são encontrados no tecido adiposo de suínos castrados, o que implica no possível envolvimento de hormônios sexuais na regulação da expressão da citocromo hepático P450E1 (CYP2E1), que é a principal enzima hepática responsável pelo seu metabolismo. Os autores sugerem que elevadas concentrações de androstenona antagonizam a indução da CYP2E1, o que levaria a baixa expressão da mesma e um alto acúmulo de escatol no tecido adiposo. Entretanto, há necessidade de mais esclarecimentos sobre o assunto, já que os mecanismos de ação da androstenona ainda não estão claros.

Neste cenário, a intervenção cirúrgica (castração) constitui tradicionalmente, há anos, um dos principais métodos utilizados para a resolução deste problema, todavia as pressões em todo o mundo para seu banimento mostram-se cada vez maiores, uma vez que o manejo representa uma das mais importantes agressões para o bem-estar do suíno (SCIENTIFIC VETERINARY COMMITTEE, 1997), com todas as evidências de que, quando realizada sem anestesia, induz à dor e ao estresse nos leitões.

A castração cirúrgica sem anestesia e/ou analgesia promove uma ativação aguda do sistema nervoso simpático (SNS) e do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA). Prunier, Mounier e Hay (2005), quando submetem leitões com 7 a 8 dias de idade ao procedimento, observaram significantes aumentos nos níveis do hormô-



nio adrenocorticotrófico (durante 5 a 60 minutos), do cortisol plasmático (durante 15 a 90 minutos) e do lactato (durante 5 a 30 minutos), indicando um severo estado de estresse e um grave dano tecidual.

Hay et al. (2003) observaram que os leitões castrados demonstraram reduzidas atividades dirigidas ao úbere (massagens e amamentação) e permaneceram mais tempo inativos durante as primeiras 2,5 horas após a castração. Também expressaram comportamentos de dor relacionados ao procedimento (prostração, rigidez ao caminhar, tremor) durante as primeiras horas e mantiveram por até dois dias comportamentos como coçar o posterior contra o piso ou a parede e movimentos laterais com a cauda, além de permanecerem por mais tempo juntos ou amontoados. Alguns destes comportamentos persistiram por até quatro dias após a castração.

Reconhecida as questões críticas inerentes ao procedimento e apoiados na crescente inquietação dos consumidores, a Declaração Europeia (também conhecida como Declaração de Bruxelas), num acordo estabelecido entre os principais participantes da cadeia produtiva de suínos, tratou do tema com profundidade, buscando identificar alternativas para a castração. Sua concepção foi assinada em dezembro de 2010, objetivando que voluntariamente o procedimento clássico fosse abandonado. Assim, definiu-se num primeiro passo que a partir de 1º de janeiro de 2012, caso a castração viesse a ser realizada, fosse adotada com o uso da analgesia prolongada e/ou anestesia. Um segundo passo do acordo, entretanto, definiu a data de 1º de janeiro de 2018 como limite para o fim da castração cirúrgica (EUROPEAN DECLARATION, 2010). Com base nesta última decisão, para a garantia do seu sucesso, ficou clara a necessidade do desenvolvimento de alternativas para esta conduta. Neste sentido, a União Europeia adotou um programa para financiar atividades voltadas para atender esta orientação, sendo inicialmente propostas três medidas: a criação de machos inteiros (não castrados) e o abate destes animais ainda jovens (não maduros sexualmente), a castração cirúrgica com anestesia/analgesia e a imunocastração (COMISIÓN EUROPEA, 2011).

Como já em curso para outras questões relacionadas ao bem-estar animal, a vanguardista Europa tem influenciado vários países que, ou pelo estabelecimento legal de normas ou pela percepção da positividade que representa seguir estes caminhos, vêm adotando procedimentos semelhantes relacionados.

Várias instituições de pesquisa e também a indústria, acompanhando estas mudanças orientam seus esforços e pesquisas nesta linha, destacando-se, além da já consagrado uso da técnica de imunocastração, formas mais racionais de fazê-la, como o uso de uma única dose; e o recurso da seleção genética para animais que detêm baixo nível androsterona ou são livres de odor sexual na carne.

Imunocastração

A imunocastração surgiu como uma alternativa à castração cirúrgica. O procedimento resulta na castração temporária por meio da vacinação anti-GnRH, determinando uma redução de gonadotrofinas plasmáticas (hormônio luteinizante e hormônio folículo estimulante) e, conseqüentemente, da testosterona, evitando assim o odor e o sabor característico na carne do macho não castrado (DUNSHEA et al., 2001).



A vacinação contra o GnRH envolve a administração de uma forma modificada do hormônio, ou análogo, conjugado com uma proteína estranha e combinada com um adjuvante para induzir a formação de anticorpos anti GnRH. A imunização se dá por meio de duas doses de dois mL cada (200 µg GnRH-proteína conjugada/mL), com intervalo de 4 a 6 semanas, sendo a última dose orientada aproximadamente 3 a 4 semanas antes do abate. A redução da concentração de androstenona e escatol aos níveis observados nos machos castrados cirurgicamente é similar (EINARSSON, 2006).

Com o procedimento, até a segunda dose, os machos ainda apresentam características e comportamentos típicos do animal não castrado. Após ganham a condição de castrados, exibindo reduzida agressividade e comportamento de monta. No entanto, existe um risco potencial de perda de bem-estar decorrente do manejo da vacinação e da expressão do comportamento durante a fase de engorda antes da aplicação da segunda dose (BORELL et al., 2009).

No frigorífico, a proporção de animais imunocastrados que permanecem em pé nas primeiras três horas de espera é maior que a dos animais castrados cirurgicamente (36,8 vs. 31,6%, respectivamente). No entanto, este comportamento mais ativo apresentado pelos imunocastrados não significa maior agressividade durante este período, mesmo em lotes não familiares (duas baias da granja misturadas durante o carregamento para formar uma baia na indústria). Estes resultados, com alguma polêmica ainda, indicam que a vacina contra o GnRH é eficiente na redução do comportamento agonístico (ROCHA et al., 2013).

A imunocastração é reconhecidamente um método potencialmente conveniente de evitar o odor sexual em suínos machos. Além disso, torna-se viável se a maioria das características de desempenho de animais inteiros for mantida nos animais imunizados (BONNEAU; ENRIGHT, 1995). Segundo os autores, o desafio é manter a secreção testicular dos anabolizantes esteróides a um nível elevado até o máximo possível e ainda permitir tempo suficiente para a imunocastração diminuir as concentrações de androstenona na gordura para níveis aceitáveis antes do abate. Todavia, Einarsson (2006) cita algumas desvantagens na produção comercial de animais imunocastrados. Dentre elas, a dificuldade da aplicação da segunda dose da vacina, devido ao peso que os animais possuem nesta fase, a variação individual na resposta imunológica, podendo alguns suínos vacinados ainda apresentar concentrações elevadas de androstenona na gordura e, por fim, a possibilidade de ocorrência de autoinjeção, por isso, a vacinação dos animais deve ser realizada por um profissional treinado para tal função.

Machos inteiros

O abate de suínos não castrados ou de animais que mostrem sinais de castração recente é proibido no Brasil, de acordo com o artigo 121 do Decreto 30.691 de 29 de março de 1952 (BRASIL, 1952), não obstante o abate de suínos imunocastrados por meio de vacina tenha sido autorizado no país dentro das condições e critérios constantes na Informação Diversa N° 061/2007/DICS/CGI/DIPOA de 23 de abril de 2007 - Brasília/DF, informando os procedimentos necessários a serem adotados pelo Serviço de Inspeção Federal - SIF, junto aos matadouros de suínos (BRASIL, 2007).



Em contraste, no Estado do Paraná é permitido o abate de suínos não castrados desde 2014, de acordo com a portaria nº 60 de 26 de março, desde que os animais não tenham idade superior a seis meses e não apresentem odor sexual característico de suínos não castrados (PARANÁ, 2014).

Embora devam ser considerados aspectos vinculados também ao hábito e à tradição, o abate de suínos inteiros para atender mercados específicos é uma realidade em alguns países e regiões. Um estudo conduzido em 454 unidades de engorda em empresas espanholas entre 2008 e 2010 identificou que 70% das granjas que abatiam suínos industriais (95-110 kg) alojavam machos inteiros ao invés de machos castrados, mas nenhuma das granjas que abatiam suínos pesados (acima de 110 kg) alojava machos inteiros (AGOSTINI, 2013). Este quadro comprova que é possível não castrar e abater animais mais jovens em determinados mercados.

A produção de machos inteiros apresenta ganhos para o bem-estar de animais jovens por evitar a dor e o desconforto da castração, mas o bem-estar pode ser comprometido pela agressividade e pelo comportamento de monta que ganha intensidade e frequência durante a fase de engorda. Os machos inteiros são mais agressivos comparados com os castrados e também com as fêmeas, apresentando comportamentos sexuais ainda jovens, montando tanto em outros machos como em fêmeas (EFSA, 2004a).

Das várias questões que comprometem o uso de animais inteiros, seguramente é o risco do odor sexual (*off-flavor*) o mais crítico (EINARSSON, 2006).

As vantagens dos suínos inteiros em relação aos castrados são bastante evidentes e vários estudos já demonstraram estas vantagens. Neste sentido, Roest et al. (2009) citam a taxa superior de ganho de peso (mais de 13%); melhor conversão alimentar (3 a 20% mais eficientes); menor consumo de ração (em torno de 9%); menor idade de abate para o mesmo peso que um castrado; maior deposição de tecido muscular (mais de 20%); eliminação da mão-de-obra usada na castração; redução do poder poluente das fezes, pela menor excreção de N e P e menor liberação de CO₂.

Para alguns mercados, como tratado, o estabelecimento de uma classificação das carcaças para identificar o odor sexual na linha de abate de machos inteiros, mesmo para condições em que o peso de abate é elevado, é uma alternativa demandada. Esta conduta permite o desvio das carcaças segundo o nível de odor sexual, com o objetivo de triar os destinos ou os mercados segundo a exigência para a questão, sendo estes tratados como menos problemáticos ou que demandam a elaboração de produtos que auxiliam na minimização ou na eliminação destas características, diminuindo os riscos da percepção do odor sexual na carne. Em alguns países europeus que não castram, a classificação das carcaças nos abatedouros está sendo realizada por “narizes eletrônicos” ou por “narizes humanos”, que são pessoas treinadas para realizar a análise sensorial na linha de abate (BRIDI et al. 2016).

Neste sentido, fica evidenciado que não são todas as carnes provenientes de machos não castrados que apresentam odor sexual, indicando que as concentrações de escatol e androstenona presente na gordura variam individualmente. Ou seja, é através da concentração destes compostos nos tecidos (no caso no tecido adiposo) que será determinada a capacidade do consumidor em perceber ou não o odor sexual (Tabela 1).



Tabela 1. Concentração de escatol e androstenona na gordura.

Odor sexual	Escatol ($\mu\text{g/g}$ de gordura)	Androstenona ($\mu\text{g/g}$ de gordura)
Baixo	<0,11	0,5
Médio	0,1-0,22	0,5-1,0
Alto	>0,22	>1,0

Fonte: Weiler et al. (2000).

A concentração de escatol e androstenona no tecido adiposo de animais inteiros, que irá determinar a percepção do odor sexual, depende de fatores intrínsecos como a raça e a velocidade de ganho de peso, e de fatores extrínsecos, como a dieta do animal e o peso de abate.

O abate de animais jovens e de baixo peso (antes da puberdade) pode ser uma estratégia para diminuir a frequência de carcaças com odor sexual. A idade à puberdade depende da genética e pode variar entre indivíduos da mesma genética. Os níveis de androstenona, não do escatol, são mais elevados em suínos pesados.

Entretanto, diminuir o peso de abate dos suínos pode não ser uma alternativa economicamente viável. Como o acúmulo de androstenona e do escatol na gordura depende de fatores genéticos, a seleção genética para machos com baixos níveis de odor sexual pode ser uma alternativa viável, visto que estas características apresentam herdabilidade relativamente alta (variando entre 0,25 a 0,87).

Estudos conduzidos por Grindflex et al. (2011), que levaram em conta que a rejeição da carne suína seria para concentrações acima de 1,0 $\mu\text{g/g}$ de gordura para a androstenona e de 0,22 $\mu\text{g/g}$ de gordura para o escatol, verificaram que os suínos da raça Duroc apresentaram 83% de carcaças rejeitadas em relação à androstenona e de 9,5% em relação ao escatole. Já, a raça Landrace apresentou um índice de rejeição de 34% e 14,5% para androstenona e escatol, respectivamente.

Um projeto Europeu (www.sabre-eu.eu) analisou o efeito da raça sobre a incidência de odor sexual (XARGAY et al., 2010), sendo avaliado animais puros Duroc (n=68; peso vivo= 108,0 kg), Pietrain (n=19, peso vivo=111,4 kg), Landrace (n=76, peso vivo= 111,6 kg) e Large White (n=58, peso vivo=114,4kg). Os resultados mostraram que a raça Pietrain apresentou níveis muito baixos de androsterona (< 0,5 ppm). Por outro lado, a raça Duroc foi a que apresentou os valores mais elevados do produto (aproximadamente 60% das carcaças apresentaram níveis superiores a 1 ppm de androsterona).

A quantidade de escatole (Gráfico 2) foi também muito baixa nos suínos Pietrain (100% dos animais analisados apresentaram níveis inferiores a 0,1 ppm). Por outro lado, as raças Duroc, Landrace e Large White têm uma frequência de animais com valores acima de 0,2 ppm, considerado muito elevado, respectivamente, 10, 7 e 8%.

Na Espanha, Borrissier-Paró et al. (2014) verificaram uma baixa porcentagem de carne de suínos não castrados com alto nível de odor sexual, conforme pode ser verificado nas Tabelas 2 e 3.



Tabela 2. Porcentagem de suínos machos não castrados de acordo com o nível de escatol no tecido adiposo.

Nível de escatol	Porcentagem de carcaças
Alto (>0,2 µg/g de tecido)	10,2
Médio (0,1-0,2 µg/g de tecido)	5,5
Baixo (0,03-0,1 µg/g de tecido)	24,0
Sem odor sexual (<0,03 µg/g de tecido)	60,3

Fonte: Borrissier-Pairó et al. (2014).

Tabela 3. Porcentagem de suínos machos não castrados de acordo com o nível de androstenona no tecido adiposo.

Nível de androstenona	Porcentagem de carcaças
Alto (>1,0 µg/g de tecido)	5,6
Médio (0,5-1,0 µg/g de tecido)	8,4
Baixo (0,2-0,5 µg/g de tecido)	12,6
Sem odor sexual (<0,2 µg/g de tecido)	72,4

Fonte: Borrissier-Pairó et al. (2014).

Do total das carcaças avaliadas, 60,3% não apresentaram odor sexual para o escatol e 72,4% para a androstenona. No entanto, é importante considerar que pelo tamanho do rebanho 10,2% e 5,6% de carcaças com altos níveis de odor sexual de escatol e androstenona, respectivamente, é um valor alto.

Embora no exemplo acima os riscos de rejeição desta carne pelos consumidores, num mercado *in natura*, possa ser muito grande, estudos indicam que a percepção sensorial do odor e do gosto da androstenona e do escatol na carne de machos não castrados depende principalmente do sexo e da origem do provador. Enquanto o escatol é percebido por 99% dos consumidores, uma porcentagem significativa dos consumidores são anósmicos à androstenona (WEILER et al., 1997). A anosmia é determinada geneticamente e depende do sexo e do país de origem do consumidor, sendo as mulheres mais sensíveis que os homens. A porcentagem de mulheres e homens anósmicos, respectivamente, é 15,8% vs. 24,1% na Europa continental, 10,9% vs. 30,0% no Reino Unido, 29,5% vs. 37,2% nos Estados Unidos da América e 17,2% vs. 25,5% na Ásia (Gilbert e Wysocki, 1987). Na Espanha, onde somente são castrados os suínos autóctones, o número de pessoas anósmicas é ainda maior, 60% vs. 48%, respectivamente, para mulheres e homens (WEILER et al, 2000). No Brasil ainda não foram conduzidos estudos para identificar a porcentagem de pessoas anósmicas.

Para Bridi et al. (2016), embora sejam claras as virtudes da produção de machos inteiros, é inerente que haja um aumento da frequência de carcaças com odor sexual. Assim, há prementemente a necessidade de investimentos em narizes eletrônicos ou na capacitação de pessoas para a detecção do odor sexual na linha de abate. As carcaças que apresentam odor sexual devem ser desviadas para a confecção de produtos que venham mascarar o odor, com destaque aos produtos cozidos, onde a utilização de especiarias no momento da cocção pode ajudar a mascarar o odor sexual, como no caso das salsichas Frankfurt e dos presuntos cozidos; e aos produtos curados, cuja confecção envolvendo produtos picados e



curados (como o salame) podem ajudar a mascarar o odor sexual. Esses produtos têm a vantagem de serem consumidos na temperatura ambiente ou resfriados, o que diminui os riscos de percepção do odor (BRIDI et al. 2016).

Seleção genética para evitar a castração cirúrgica

Quanto aos esforços para, através da seleção genética, desenvolver animais livres do odor sexual, o tramitação dos investimentos nesta linha vem se desenvolvendo dentro de uma sequência cronológica prevista, sendo inicialmente dirigida diretamente à exclusão de animais que expressavam o defeito sensorial percebido, e, posteriormente, para a seleção de animais com níveis reconhecidos de androstenona e escatol no tecido adiposo.

No que diz respeito à seleção genética, SQUIRES (2006) descreveu que as ferramentas para avanços na eliminação deste defeito envolvem o uso de marcadores genéticos, QTL e genes candidatos, associados com a característica odor sexual. QTL são regiões cromossômicas que contêm genes que afetam uma característica particular. Os genes candidatos codificam enzimas chaves ou receptores envolvidos no metabolismo da androstenona ou do escatol. Esses genes são investigados pelo seu polimorfismo, principalmente polimorfismos de nucleotídeos únicos (SNPs), mudando o fenótipo de uma característica. A desvantagem do uso de QTL e genes candidatos é que apenas os genes que estão diretamente envolvidos na via metabólica são detectados (SQUIRES 2006). Portanto, uma identificação de genes que estão relacionados com o odor sexual pode ser obtida pela transcrição do perfil destes usando o microarray de DNA. Nesta abordagem, uma comparação da expressão de milhares de genes (transcriptoma) é feita entre diferentes fenótipos (SQUIRES 2006).

Para alcançar linhas de reprodutores isentos do odor sexual, o conhecimento básico sobre as principais enzimas e genes que regem a degradação do escatol e da androstenona mostra-se pouco consistente o que demanda segundo os autores do PIGCAS (2009) uma abordagem integrada (PIGCAS, 2009).

Nenhuma conclusão efetiva pode ser ainda extraída dos estudos do genoma para QTL para níveis de androstenona e escatol, pois segundo ROBIC et al. (2008), a natureza multifatorial do controle genético para o odor sexual exige mais investimentos e pesquisas.

A identificação dos genes envolvidos no QTL permanece difícil e complexa e requer um mapeamento fino. Considerando que os estudos até o momento envolveram animais de raças e idades diferentes e ainda sob um número de animais limitados nos testes, os resultados guardam limitada representatividade. Por essa razão, torna-se difícil comparar as investigações, sendo que a caracterização do QTL exigirá uma avaliação extensa de um painel de raças. No futuro, as expectativas estão no uso de estudos de microarray e proteômica para reconhecer diferentes expressões de genes associados à androstenona e ao escatol.

Von Borell et al. (2009) e EFSA (2011) avaliaram que o caminho através das ferramentas genéticas para reduzir o odor sexual é viável, mas ainda não aplicável. Uma diminuição da frequência dos genes responsáveis pelo odor sexual é sem dúvida o caminho, mas a característica está relacionada aos efeitos de vários genes. Squires e Schenkel (2011) concluíram que o controle do odor sexual pela seleção genética associada aos marcadores é um processo para longo prazo, mas é



efetivamente uma condição para eliminar a necessidade de castração. No entanto, para Tholen e Frieden (2011), a seleção genética pode não levar a uma eliminação completa do odor sexual sem uma combinação de ações dietéticas e ambientais. Frieden et al. (2011) estimaram uma possível redução o odor sexual por meio da seleção para um intervalo entre 8 a 12 anos, faixa na qual já estamos nos inserindo.

Nesta linha, entre muitos grupos, uma equipe de pesquisa canadense investigou oito linhas diferentes compostas por seis raças (Duroc, Hampshire, Landrace, Large White, Piétrain e Yorkshire) (SQUIRES e SCHENKEL 2010), validando cerca de 80 SNPs em 28 genes. No entanto, o número de SNP significativos e a força da associação de um gene candidato à androstenona ou ao escatol variou entre as oito linhas. Por exemplo, na linha Piétrain, 51% da variância da androstenona foi representada por 12 SNPs, enquanto na linha Hampshire, 3 SNPs explicaram 13% da variância de androstenona. Em média, para todas as raças, os SNPs explicaram cerca de 28% da variância da androstenona. A aplicação dos marcadores para produzir animais homozigotos com alelos favoráveis poderia reduzir os níveis médios de androstenona na gordura de 26% para 61%, dependendo da linha, porém nestes estudos nenhum marcador foi associado aos efeitos negativos que podem exercer sobre as características reprodutivas.

Sustentada pelas ferramentas genéticas, alguns exemplos comerciais para a seleção contra o odor sexual começaram a ganhar presença, destacando os produtos "Premo", "Inodorus", "Nador" e "DB.7711" (NIGGEMEYER 2012).

Na Suíça um projeto de pesquisa foi conduzido para avaliar o valor genético, e programas de seleção e cruzamentos com reprodutores livres de odor sexual e sua performance zootécnica (BAES et al., 2011a; MATTEI et al., 2012;). Nesta prospecção a linha de animais Premo®, um Large White suíço, foi avaliada por meio de biópsias em suínos com 100 a 125 kg de peso vivo para se conhecer as concentrações dos compostos relacionados com o odor sexual. Nesta avaliação foram reveladas baixas concentrações médias de escatol e indol, 0,033 ppm e 0,032 ppm, respectivamente, e 0,58 ppm de androstenona na gordura (BAES et al. 2011a; 2012).

Neste contexto, um programa federal Alemão de seleção de reprodutores híbridos livres de odor sexual (BHZP 2013) criou o produto "DB.7711", uma linha terminal do Piétrain com pouca hereditariedade para odor sexual, preservando as performances de sua progênie na engorda. Os reprodutores foram selecionados considerando as informações das concentrações de androstenona e escatol de sua base genética.

Em 2012 foi anunciado mais um reprodutor com este perfil na Europa, o Piétrain "Inodorus" (SAUTER 2012), capaz de produzir progênies com uma redução do odor sexual. O "Inodorus" foi desenvolvido a partir de 31 diferentes linhagens de Piétrain.

Além disso, a TOPIGS-SNW GmbH (2012) criou a linha terminal de reprodutores Piétrain "Nador", com baixa hereditariedade de odor sexual, usando a seleção genômica e a avaliação sensorial, garantindo uma redução de 40% deste defeito sensorial.

Schrade (2013) comparou o produto alemão "Inodorus" e o macho TOPIGS "Nador" quando a presença de odor sexual e as concentrações de androstenona e escatol no tecido adiposo e verificou que os níveis destes compostos não diferiram



significativamente ("Inodorus" - 0,53 ppm de Androstenona e 0,08 ppm de escatol; "Nador" - 0,42 ppm de androstenona e 0,07 ppm de skatole), estando ambos abaixo do limite de 1 ppm para a androstenona e 0,25 ppm para o escatol. Também em 92,1 e 93,8% das amostras para os respectivos produtos, não houve odores anormais detectáveis.

Conclusões

A castração cirúrgica de suínos machos deverá ser substituída na suinocultura tecnificada. Alguns recursos atuais, como a imunocastração, mostram-se efetivos e devem ganhar mais espaço.

A busca por outros métodos avançam e destacam-se a triagem de carcaças com odor sexual na linha de abate, usando os recursos sensoriais e eletrônicos, e a seleção de animais geneticamente livres de níveis de androstenona e escatol detectáveis pelos consumidores.

Algumas experiências positivas nestas linhas mostram-se promissoras, devendo num cenário de médio prazo participar comercialmente das unidades de produção de suínos.

Referências bibliográficas

AGOSTINI, P. S. Caracterización e influencia de los factores de producción en el cebo de cerdos en condiciones comerciales. 2013. 242 p. Tesis (Doctorado de Producción Animal) - Universitat Autònoma de Barcelona, 2013.

ANDRESSEN, O. Boar taint related compounds: androstenone/skatole/other substances. Acta Vet Scand, 48:8, 2006.

BAES, C. et al. Breeding against boar taint: the Swiss approach. In: International Conference Boars heading for 2018; 2011a Nov 30-Dez 1; Amsterdam, Netherlands.

BAES, C. et al. Estimating parameters for boar taint using small tissue samples. In: 22nd International Pig Veterinary Society Congress (IPVS); 2012 June 10-13; Jeju, Süd Korea. p.313.

BHZP GmbH Bundes Hybrid Zucht Programm. db.7711 - Dufter Typ 2013 (cited from 2013 March 22):8.

BONNEAU, M.; SQUIRES, E. Uso de machos inteiros na produção de suínos. In: 1ª Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína, 2000, Concórdia. Anais... Concórdia, p. 173-198, 2000.

BORELL, E. et al.. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. Animal, 3: 1488-1496, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto, nº 30.691, de 29 de Março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília, 1952.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Informação Diversa nº 061, de 23 de Abril de 2007. Autorização para Abate de Suínos Imunocastrados. Brasília, 2007.

BRIDI, A. M. Importância dos Aspectos Físicos e Químicos na Qualidade da Carne. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Aspectos.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2016.



- CLARKE, I. et al. Inherent food safety 1 of a synthetic 2 gonadotropin-releasing factor (GnRF) vaccine for the control of boar taint in entire 3 male pigs. *J Appl Res Vet Med*, 6:1, 2008.
- COMISSION EUROPEA. Decisión 2011/C 243/06. Decisión de ejecución de la comisión de 19 de agosto de 2011 por la que se adopta un programa de trabajo para la financiación de las actividades de la Unión sobre alternativas a la castración quirúrgica de los cerdos. Comunicaciones e informaciones. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 20 ago. 2011, C 243.
- DORAN E. et al. Cytochrome P450IIE1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chem Biol Interact* 140:81-92, 2002a.
- DORAN E. et al. The relationship between adipose tissue skatole levels, rates of hepatic microsomal skatole metabolism and hepatic cytochrome P450IIE1 expression in two breeds of pig. *Anim Sci*. (74):461-8, 2002b.
- DUNSHEA F. R. et al. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J An Sci*, 79:2524-2535, 2001.
- EFSA. Opinion of the scientific panel on animal health and welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets. *The EFSA Journal*, v. 91, p. 1-18, 2004a.
- EFSA. Technical report submitted to EFSA Preparatory work for the future development of animal based measures for assessing the welfare of pigs. Report 1: Preparatory work for the future development of animal based measures for assessing the welfare of sow, boar and piglet including aspects related to pig castration; 2011.
- EINARSSON, S. Vaccination against GnRH: pros and cons. *Acta Vet Scan* 48, 2006.
- EINARSSON, S. Vaccination against GnRH: pros and cons. *Acta Vet Scand*, 48: S10, 2006.
- EUROPEAN DECLARATION. Animal welfare: voluntary end to the surgical castration of piglets by 2018. Belgian, 2010.
- FRIEDEN L, LOOFT C, THOLEN E. Breeding for reduced boar taint. *Lohmann Information*, 46:21-27, 2011.
- GILBERT, A. N.; WYSOCKI, C. J. The smell survey results. *Nat Geo*. 172:514–24, 1987.
- GRINDFLEK,E. et al. Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *J An Sci*, 89:680-692, 2011.
- HAY, M. et al. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Applied An Behav Sci*, 82: 201-218, 2003.
- MATTEI, S. et al. A performance test for boar taint on live breeding candidates. In: *Proceedings of the 22nd International Pig Veterinary Society Congress (IPVS); 2012 June 10-13; Jeju South Korea*. p.495.
- NIGGEMEYER, H. Eber ohne Eigengeruch. *Schweinezucht und Schweinemast*, 3:56-58, 2012.
- PARANÁ. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Portaria nº 60, de 26 de Março de 2014. Aprova normas para abate de suínos não castrados e de suínos submetidos à castração imunológica por meio de vacina, nos estabelecimentos registrados da ADAPAR. Curitiba, 2014.
- PRUNIER, A.; MOUNIER, A. M.; HAY, M. Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *J An Sci*, 83: 216-222, 2005.
- ROBIC A. et al. Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig. *Genet Sel Evol*,. 40:129-43, 2008.



- ROCHA, L. M. et al. .Effects of ractopamine administration and castration method on the response to preslaughter stress and carcass and meat quality in pigs of two Piétrain genotypes. *J An Sci.* 91:3965-3977, 2013.
- ROEST K, et al. Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anesthesia. *Animal*, 3, 1522-1531. 2009.
- SAUTER, J. Inodorus - Der German Piétrain-Eber für die Ebermast. 2012 (cited from 19.3. 2012):1.
- SCHRADE, H.J. Ebermast - Inodorus und Nador Eber im Vergleich: Landesanstalt für Schweinezucht LSZ; (zitiert vom 18. 2. 2013): 2.
- SQUIRES, E.J. Possibilities for selection against boar taint. *Acta Vet Scand.* 48(Suppl 1): 2006.
- SQUIRES, E.J.; SCHENKEL, F.S. Managing boar taint: focus on genetic markers. In: Proceedings of the London Swine Conference - Focus on the Future: London Swine Conference; 2010 Mar 31- Apr 1; London Ontario. London Swine Conference; 2010. p.99-102.
- THOLEN, E. ; FRIEDEN L. Zucht gegen Ebergeruch. In: Züchterttag 2011 der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ): Landesanstalt für Schweinezucht LSZ; 2011 Feb 17; Boxberg, Deutschland.
- TOPIGS – SNW GmbH. Topigs NADOR Eber; 2012 (zitiert vom 25. 1. 2012):3, . 581. Tørngren MA, Claudi-Magnussen C, Støier S, Kristensen L. Boar taint.
- VON BORELL E. et al. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *Animal*, 3:1488–1496, 2009.
- WEILER, U. et al. Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Sci*, 54:297-304, 2000.
- XARGAY, J. et al. (2010, 18–19 March). Effect of pig breed on androstenone and skatole concentrations. EAAP Working Group “Production and Utilization of Meat from Entire Male Pigs”, Bristol, United Kingdom.



IMPACTO PRODUTIVO E ECONÔMICO DA CLIMATIZAÇÃO DE GRANJAS

Ricardo Josue Cogo

Med. Vet Msc.

A climatização de granja de suínos é uma prática relativamente nova no Sistema de Produção do Brasil, por muitos anos devido ao clima favorável e os baixos resultados produtivos das granjas, o ambiente totalmente controlado não era necessário.

Com o aumento da qualidade genética das matrizes suínas rompendo o limite dos 30 animais desmamados, e com a nutrição de precisão com rações com alto performance e custos mais altos a climatização passou a ser uma ferramenta de produtividade e economia.

O estudo de caso é de uma unidade produtiva de 5500 fêmeas localizada no Paraná, mais precisamente na região dos Campos Gerais, um projeto inovador que reuniu os conceitos de relacionados a Climatização, Bem-Estar Animal (BEA), Sustentabilidade e Tecnologia.

O povoamento da granja iniciou em meados de julho de 2015, o plantel é composto por matrizes comerciais, bisavós e avós para que seja possível um sistema de melhoramento genético baseado na auto reposição de matrizes e utilização de genética líquida, com intuito de preservar o equilíbrio imunológico do plantel e a flora patogênica existente.

Em relação a sanidade o plantel é livre de *Mycoplasma Hyopenumoniae*, e possui certificação do Ministério da Agricultura como Granja de Reprodutores Suídeos Certificada, sendo livre das enfermidades: Brucelose, Tuberculose, Aujeszky, Peste Suína Clássica, Sarna e controlada para Leptospirose.

Devido às condições de relevo local o projeto foi disposto em uma posição geográfica norte-sul o que auxiliou a decisão de climatização em todos os setores da granja.

O projeto nasceu respeitando as normas do programa Welfare Quality®, acordo este realizado na Comunidade Europeia que descreve e orienta às principais práticas de produção humanitária de suínos, e que acabou sendo exemplo para a suinocultura mundial.

O programa Welfare Quality® aborda 12 temas fundamentais para a produção intensiva de suínos, sendo eles:

- Ausência de fome prolongada.
- Ausência de sede prolongada.
- Conforto em relação ao descanso.
- **Conforto térmico.**
- Facilidade de movimento.
- Ausência de lesões.



- Ausência de enfermidades.
- Ausência de dor causada por práticas de manejo.
- Expressão de comportamento social adequado.
- Expressão adequada de outras condutas.
- Interação humano animal positiva.
- Estado emocional positivo.

No presente estudo vamos abordar tecnologias e informações relacionados ao quarto item do programa que trata de **conforto térmico**.

O conforto térmico é fundamental para melhor aproveitamento produtivo, promove o equilíbrio das funções fisiológicas digestivas e imunológicas, promovendo a homeostase físico-química.

Gestação

Os suínos como animais homeotérmicos demandam menos nutrientes para a termorregulação quando em conforto térmico, direcionando o aproveitamento dos nutrientes para características reprodutivas e produtivas como manutenção da gestação, viabilidade de embriões, ganho de peso, etc.

Na fase de gestação onde a temperatura de conforto para suínos adultos é entre 15 e 21°C, considerando stress térmico temperaturas acima de 24°C e abaixo de 10°C, para o controle da temperatura foram utilizados um sistema de condicionamento térmico baseado em pressão negativa, com a utilização de painéis evaporativos e quatro exaustores com velocidade variável e 12 exaustores com velocidade constante ligados progressivamente de acordo com o desafio do ambiente externo (Figura 1).

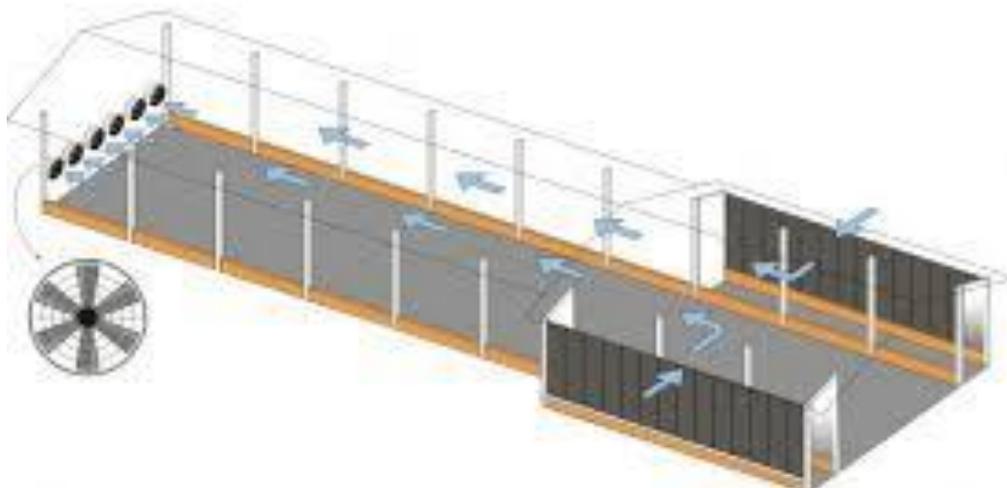


Figura 1. Sistema de climatização com pressão negativa e túnel duplo de ventilação.



O galpão foi construído totalmente em alvenaria com paredes laterais fechadas para evitar a entrada falsa de ar, consta com janelas de vidro em todos os vão de cinco metros como sistema de segurança e também par auxiliar na iluminação. As baias são coletivas e recebem fêmeas até 48 horas após a última inseminação, a capacidade das baias é de 135 matrizes por baia com duas estações de alimentação automatizadas e controladas por chips implantadas na orelha das fêmeas, que determinam a quantidade certa de alimento de acordo com a condição corporal e o período de gestação.

As curvas de comando de temperatura foram calibradas para que em condições de stress calórico os dispositivos sejam acionados automaticamente na seguinte ordem:

- 
- Quatro exaustores com velocidade ajustável aumentam a rotação até a capacidade máxima sendo dois em um lado do galpão e outros dois no lado oposto.
 - Mais quatro exaustores de velocidade constante são acionados sendo dois em um lado do galpão e outros dois no lado oposto, e o exaustores de velocidade ajustável retornam à rotação mínima.
 - Mais quatro exaustores de velocidade constante são acionados sendo dois em um lado do galpão e outros dois no lado oposto, e o exaustores de velocidade ajustável retornam à rotação mínima.
 - Mais quatro exaustores de velocidade constante são acionados sendo dois em um lado do galpão e outros dois no lado oposto, e o exaustores de velocidade ajustável retornam à rotação mínima.
 - Os painéis evaporativos são acionados e todos os exaustores funcionam em velocidade máxima.

O sistema é controlado por sensores de temperatura interna e externa ao galpão equilibrando a sensação térmica das matrizes dentro do galpão de acordo com a temperatura externa (Figura 2).

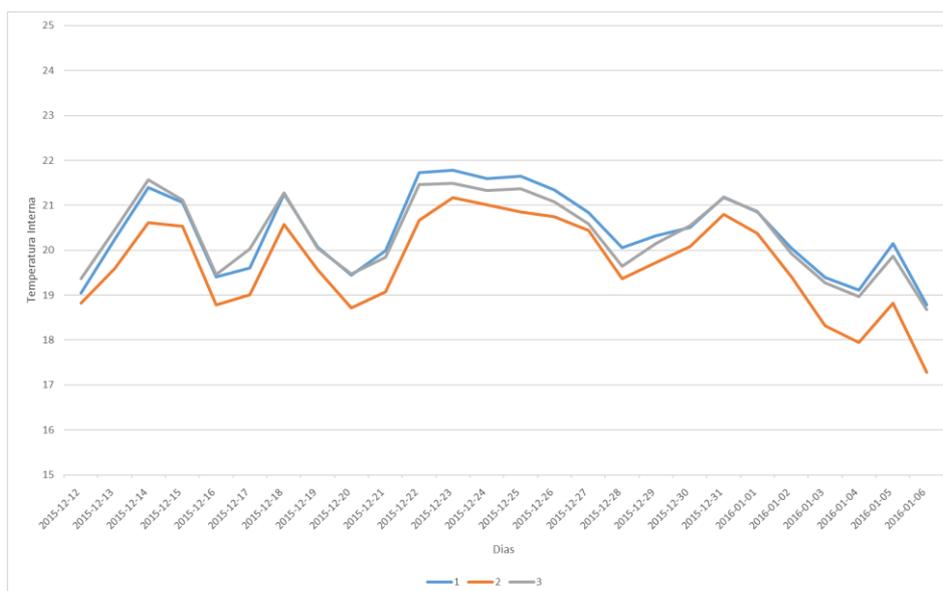


Figura 2. Temperatura interna nas Gestações 1, 2, 3, no período de verão.



Maternidade

A maternidade foi construída de forma que cada sala tenha a capacidade para 120 matrizes, onde semanalmente são alojadas duas salas e o manejo na maternidade é “tudo dentro, tudo fora”.

O setor de maternidade é um ambiente desafiador para promoção do conforto térmico, pois que existem duas categorias de animais, os leitões recém-nascidos e as matrizes adultas, isso torna necessários dois modelos de climatização um focado nas matrizes chamado de “macroclima” e um aos leitões chamado de “microclima”.

As temperaturas consideradas de conforto térmico para as categorias animais na maternidade (Tabela 1).

Tabela 1. Temperatura ideal de conforto para maternidade.

Modalidade	Conforto	Stress térmico	
		Calor	Frio
Recém-nascido	34-32°C	-	-
Leitões até o desmame	31-29°C	36°C	21°C
Fêmea em lactação	16-22°C	23°C	07°C

Macroclima

A sala como um todo é considerada o macroclima e possui sistema individual de controle de temperatura e com curva de temperatura regulada de acordo com as semanas de lactação (Figura 3).

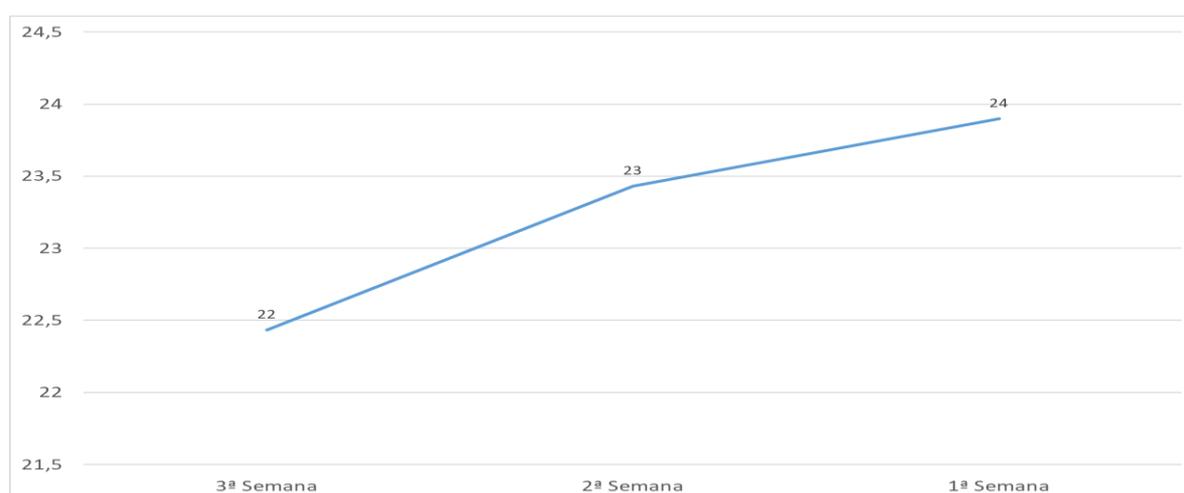


Figura 3. Controle de temperatura de acordo com a semana de gestação.



O sistema é baseado em ventilação transversal com painéis evaporativos, um exaustor com velocidade variável e um conjunto de quatro exaustores com velocidade constante que são acionados de acordo com o desafio externo de calor, semelhante a fase de gestação.

A entrada de ar nas salas é direcionada através de “in lets”, evitando correntes de ar diretamente nos leitões.

Microclima

A região ao lado das matrizes em lactação é considerada o microclima, possui sistema de aquecimento no piso através da circulação de água quente com temperatura de conforto aos leitões, este espaço é delimitado com uma cobertura de lona da primeira semana de vida dos leitões.

Cada sala possui um controlador próprio do piso térmico, para as 120 maternidades.

Multiplicadora

O galpão chamado de multiplicadora foi um desafio à climatização, pois é composto pelos ambientes e temperaturas de conforto diferentes a cada fase dos animais presentes no galpão (Tabela 2).

Tabela 2. Temperatura ideal de conforto para cada fase da multiplicadora.

Modalidade	Conforto	Stress térmico	
		Calor	Frio
Creche de avós e matrizes	26-22°C	27°C	17°C
Recria de Matrizes	20-18°C	26°C	15°C
Reposição de Matrizes	21-15°C	26°C	12°C
Setor de Cobertura	21-17°C	25°C	10°C

- **Creche de avós e bisavós:** ambiente que recebe as futuras matrizes após o desmame, com animais entre 21 e 63 dias de idade. Este ambiente possui piso térmico com controladores individualizados por sala e exaustores com ventilação mínima, que são acionados em tempos com intervalos pré-determinados de acordo com a idade dos animais.
- **Recria de matrizes:** ambiente que recebe os animais da creche de avós e bisavós com animais entre 64 e 150 dias de idade. Nesta fase os animais recebem o ar já pré-aquecido do pelos animais da reposição de matrizes onde é conduzido para a área externa através de dois exaustores laterais que possuem velocidade variável conforme a temperatura, a velocidade do ar neste setor é a metade do realizado na área de reposição de matrizes o que promove uma sensação térmica mais quente aos animais.



- **Reposição de matrizes:** ambiente que recebe os animais da recria de matrizes com animais entre 151 a 210 dias de idade. Os animais desta categoria recebem o ar resfriado das placas evaporativas e com velocidade maior o que promove uma sensação térmica mais fria, o ar é retirado deste setor através de quatro exaustores posicionados dois em cada lateral dos galpões.
- **Setor de Cobertura:** ambiente que recebe as matrizes desmamadas e leitoas para a cobertura com idade acima de 211 dias de idade. Este setor é equipado com um sistema semelhante ao setor de gestação, porém disposto em túnel simples de ventilação com pressão negativa.

Utilizando placas evaporativas e uma bateria de oito exaustores sendo dois com velocidade variável e seis com velocidade constante sendo acionados progressivamente conforme a temperatura de conforto dos animais nesta fase.



Figura 4. Esquema de ventilação e temperatura do setor da multiplicadora.

Creche

A creche consta com dois galpões com sete salas cada um, com capacidade de 1.500 leitões por sala. O sistema de climatização é no sentido transversal baseado em pressão negativa para resfriamento e positiva para aquecimento, com controle individualizado por sala de creche.

O resfriamento das salas é acionado quando a temperatura do ambiente interno passa do limite máximo de conforto, o resfriamento é realizado com o auxílio de dois exaustores com velocidade variável e placas evaporativas, que são acionados com a necessidade de acordo com o aumento da temperatura externa. A ventilação é direcionada através de “in lets” evitando correntes de ar diretamente sobre os leitões.

O aquecimento é acionado quando a temperatura do ambiente interno passa do limite mínimo de conforto, é realizado com o auxílio de fornalhas que aquecem o ar externo e insuflam dentro das salas de creche, neste momento os exaustores permanecem em ventilação mínima garantindo somente a troca de ar necessário aos animais. O ar aquecido é conduzido para dentro da sala através de ductos com aberturas em sua parte inferior dissipando todo o ar quente na parte frontal da sala.

Os dois sistemas funcionam automaticamente, e a curva de temperatura é decrescente a cada semana de idade em 1°C por semana.



Resultados zootécnicos

Os principais resultados zootécnicos da granja no primeiro ciclo de produção foram satisfatórios e estão dispostos na Tabela 3

Tabela 3.

Parâmetro	Valor
Repetição de cio	8,04%
Partos/fêmea/ano	2,43
Nascidos vivos	93,08%
Vivos/fêmea/ano	32,31
Desm/fêmea/ano	29,71



SAÚDE INTESTINAL



RELAÇÃO INTEGRIDADE INTESTINAL X EFICIÊNCIA ALIMENTAR E OS DESAFIOS DA RESTRIÇÃO AOS ANTIMICROBIANOS MELHORADORES DE DESEMPENHO

Ana Lucia P. de Souza

M.V., Me.Zoot., Ph.D.

*Technical Service Manager – Kemin Industries – Animal Nutrition and Health
ana.desouza@kemin.com*

Resumo

O uso de antimicrobianos em produção animal se estabeleceu nas últimas décadas como parte dos processos utilizados no gerenciamento de animais e estabelecimentos. Durante as últimas 3 a 4 décadas antimicrobianos têm sido utilizados para prevenção e controle de doenças, algumas vezes com limitada compreensão dos riscos de uso contínuo e muitas vezes indiscriminado. Conforme a sociedade e os recursos de pesquisa se desenvolveram nas últimas duas décadas, e especialmente nos últimos 5-8 anos, tem sido reconhecido que o uso de antibióticos pode ter consequências não desejáveis, tais como possibilidade de ser utilizado em condições de sub-dosagem em função de uso prolongado, tipo de ocorrências e outras possibilidade que venham a provocar desperdício, uso em condições inadequadas em função do quadro clínico, etc.

O reconhecimento da possível resistência de microorganismos a antimicrobianos específicos ainda está em processo de verificação, onde alguns dos processos são claros e outros mais complexos. Dentro desta perspectiva, surgiram várias correntes de pensamento dedicadas a redução do uso de antimicrobianos e contra o seu uso indiscriminado e não controlado tanto dentro da academia quanto junto aos consumidores ou grupos de proteção aos consumidores mundialmente. Destes movimentos de antítese ao uso ou restrição de uso de antimicrobianos, no momento existem várias ações e regulamentações (EUA, Brasil, Europa, Asia, etc). Estas ações surgem visando mais controle e monitoração dos efeitos do uso destes antimicrobianos na produção industrial de suínos no mundo.

Para qualquer indivíduo envolvido na produção de suínos nos dias atuais, várias novidades surgem diariamente devido ao desenvolvimento de tecnologias que mostram como atividades utilizadas nos processos de produção se estabeleceram e foram adaptadas devido a probabilidade de expansão da produção. Tais mudanças têm ocorrido em programas alimentares ou de manejo reprodutivo dos animais os quais, em teoria, teriam ficado ultrapassados no caso de ausência de doenças devastadoras e/ou de alto poder infeccioso, morbidade, mortalidade e/ou comprometimento da resposta do animal ao ambiente, além de nutrição e gerenciamento.

Dentre estes processos, tem-se verificado que muitas operações que foram introduzidas há 20 anos estão sendo questionadas devido aos efeitos deletérios a todo rebanho, tal como desmame precoce de leitões, etc. A presença de doenças no ambiente de produção causa perdas devastadoras para parte do sistema, como por exemplo, a Diarréia Epidêmica Porcina (PEDv), Síndrome Respiratória e Reprodutiva de Suínos (PPRS), Circovirose (PCV-2), etc.



Uso de antimicrobianos: história, discussão e algumas consequências

Alexander Fleming provavelmente não tinha idéia da revolução que iniciava quando descobriu a penicilina em 1929. O uso de antimicrobianos tem sido parte constante da história da humanidade desde o primeiro uso em 1930 (regulado pelo governo para o tratamento de queimados em um incêndio) (DIBNER & RICHARDS, 2005). Desde então a utilização de antimicrobianos tem sido disseminada para uso medicinal em humanos e animais, plantas, na produção de alimentos, etc. Nos Estados Unidos, a pressão dos consumidores, da comunidade acadêmica médica e das entidades reguladoras tem justificado mudanças radicais em como a indústria utiliza antimicrobianos, assim como as políticas das empresas em relação aos seus consumidores. Adicionalmente, nichos de mercado distintos estão sendo criados para atendimento de demandas de consumidores, tais como suínos produzidos sem utilização de antimicrobianos nas dietas e/ou durante toda vida do animal, sem uso de produtos de origem animal, ou até dentro de programas mais restritos como certificados orgânicos ou com dieta vegetariana.

O termo antimicrobiano refere-se a compostos que tem efeito deletério sobre bactérias, vírus, fungos e outros parasitas tais como o que produz a malária. Dados e eventos apresentados durante o depoimento de Joshua M. Sharfstein, Doutor em Medicina (M.D.), Comissário Chefe junto a Administração de Medicamentos e Alimentos dos Estados Unidos (FDA), ligado ao Departamento de Serviços Humanos e de Saúde, traduzem a inquietação e apreensão desta e outras instituições governamentais interessadas em manter o uso de antimicrobianos sob controle e de reduzir a disseminação de microorganismos resistentes a um ou mais antimicrobianos (SHARFSTEIN, 2010). Neste documento, a agência reguladora americana apresenta dados relacionados a resistência microbiana em hospitais e uso clínico, além do uso veterinário de antimicrobianos e sua possível relação com o desenvolvimento de resistência. O depoimento também relata a formação de um grupo de trabalho específico em resistência antimicrobiana (U.S. Interagency Task Force on Antimicrobial Resistance) em 1999. Este grupo de trabalho é coordenado pelo FDA, Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e Institutos Nacionais de Saúde. Estão também incluídas neste grupo de trabalho a Agência para Pesquisa e Qualidade de Serviços de Saúde, Centros de Serviços Medicare e Medicaid (sistemas de benefícios apoiados pelo governo), Administração de Recursos e Serviços de Saúde, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), Departamento de Defesa, Departamento de Assuntos dos Militares Aposentados e a Agência de Proteção Ambiental (EPA). Em 2001 a Agência para Desenvolvimento Internacional dos Estados Unidos se uniu a este grupo de trabalho para se envolver com os assuntos de resistência antimicrobiana globalmente.

Dentro do plano de ação publicado pelo grupo de trabalho existem diversos pontos, tais como promover a redução do uso de antimicrobianos em medicina humana e veterinária e monitorar a resistência antimicrobiana em geral (inclui o monitoramento de microorganismos causadores de doenças em clínicas pediátricas e outras). Adicionalmente, o Centro para Medicina Veterinária (CVM), pertencente ao FDA, foi envolvido no monitoramento da resistência antimicrobiana através do Sistema Nacional de Monitoramento de Resistência Antimicrobiana (NARMS), o qual monitora quaisquer tendências na prevalência de resistência antimicrobiana em bactérias isoladas de humanos, carnes no comércio e animais de produção. Outra iniciativa dentro deste mesmo grupo vem do CVM, relacionada ao uso judicioso de



antimicrobianos em animais de produção de alimentos, com a intenção de informar o público das orientações de uso destes produtos (Regulamentação FDA, 2010).

Relatórios da utilização de antimicrobianos em produção de suínos estão disponíveis na internet junto a organizações associadas a regulamentação, monitoração e/ou criação de políticas para o setor (Relatório Resumo – FDA, 2009, APHIS – Veterinary Services, 2008).

A pressão dos consumidores e da opinião pública em geral tem forçado decisões unicamente políticas, que deixam de lado todas as informações científicas, as quais até o momento não encontram provas irrefutáveis de que o uso de antimicrobianos em animais de produção pode causar resistência antimicrobiana (CROMWELL, 1999). BRORSEN *et al.* (2001) estimaram que os consumidores iriam absorver até 75% do aumento de custos causados pelo banimento do uso de antibióticos, considerando-se os valores presumidos utilizados em seu modelo econométrico. Entretanto, em seu modelo eles não previram a elasticidade a que o mercado seria submetido no final da década de 2000 e início da década de 2010, com custos de produção completamente inimagináveis na época do desenvolvimento deste modelo. Considerando-se as mudanças dos custos alimentares nos dois últimos anos, a situação está se invertendo, com a área de produção de frangos de corte adotando sistemas de produção sem uso de antibióticos. Entretanto, quando consideramos a produção de suínos sem uso de antibióticos para tratamento de doenças, a expansão de custos de produção e perdas nos sistemas de produção podem ser dramáticos. Levando-se em consideração estes fatos, o custo do banimento de antimicrobianos na produção de suínos prevê conseqüências consideráveis em redução de volume produzido e custos de produção devido a redução da eficiência alimentar em rebanhos com estado sanitário de doenças de difícil controle e algumas vezes fácil disseminação. LIU *et al.* (2003) quando avaliaram seu modelo econométrico chegaram a conclusão de que o uso de antimicrobianos seria essencial para a sustentabilidade do sistema de produção de suínos. Contudo seu modelo se baseava no fato de que a redução de perdas por variabilidade de peso seria unicamente causada pelo uso de doses subterapêuticas de antimicrobianos, enquanto que estratégias diferenciadas de comercialização de animais e uso de aditivos tais como ractopamina podem resultar em significativos ganhos de produção. A atual discussão apresentada ao público através de meios de comunicação e/ou ativismo de consumidores ou entidades (proteção dos consumidores, proteção de animais, etc) tem sido unilateral, já que não disponibiliza de forma equilibrada as informações de pesquisa e monitoramento a respeito dos esforços realizados por diversas entidades e instituições acadêmicas, as quais têm o máximo interesse na defesa do consumidor.

Recentemente tem-se verificado uma aparente mudança no público americano, antes totalmente seguro e confiante em seu governo no sentido de protegê-los de situações não identificadas, porém temidas. Os meios acadêmicos, governamentais e a indústria como um todo não se manifestaram por um longo período, ao mesmo tempo em que a população em geral tornava-se alienada da produção animal, sem qualquer noção de como animais são criados, tratados e utilizados em produção animal. Manter o público desinformado sobre aspectos da produção animal criou oportunidade para grupos com agendas não tão claras mostrarem suas versões sobre a produção de animais para alimentos. Dentro desta perspectiva, situações que não são o padrão dentro de sistemas criatórios foram veiculadas nos meios de



comunicação como sendo práticas corriqueiras e criando opiniões conflitantes e contra a produção industrial de animais como fonte de alimentos.

Integridade intestinal x eficiencia alimentar

Quanto a integridade intestinal, a vasta maioria dos experimentos realizados foram avaliados em animais jovens, onde os efeitos adversos de impacto na integridade do sistema gastro-intestinal tem repercursões de maior gravidade comparado com animais após os 25-30 kg de peso. Todavia, estes efeitos estão presentes de forma menos dramática em diferentes fases da vida e do desenvolvimento do animal. Com a utilização de antimicrobianos durante várias fases do desenvolvimento animal, muitos destes aspectos estavam “mascarados” na contenção de sinais subclínicos de possíveis perdas de crescimento e ganho de peso. Experimentos realizados com animais após a fase de creche incluem uma diversidade de comparações com uso de antibióticos, probióticos, prebióticos, óleos essenciais, ácidos orgânicos (como por exemplo butirato), mananoligosacarídeos (MOS), glucanos, além de uma extensa lista de produtos que muitas vezes são apresentados com a mesma identificação, porém com aplicações diversas e mesmo atividades diferentes, para problemas diversos na área de produção.

Barreau e Hugot (2014) relatam que o sistema gastrointestinal forma a maior interface entre o ambiente externo e o sistema interno com processos regulatórios detalhados. As barreiras entre estes sistemas permite absorção de nutrientes e exclusão de compostos deletérios ao lumen intestinal. Estes pesquisadores relatam que a primeira linha de defesa está dentro do lumen, onde bactérias e antígenos são degradados pelas secreções do estômago, pâncreas e fígado. Existe contribuição das bactérias comensais produzindo substâncias antibacterianas e competindo por nutrientes. A segunda linha de combate é o glicocálice, a camada de muco. Estes são ricos em imunoglobulina A e peptídeos antimicrobianos, prevenindo o acesso das bactérias ao epitélio. A última barreira é formada por uma camada fina de células epiteliais, as quais estão ligadas umas as outras por complexos de união consistindo de *tight junctions* (TJ), ou junções celulares (Figura 1).

De acordo com Ulluwishewa *et al.* (2011), o trato intestinal é habitado por até 10^{14} microorganismos. Quanto mais se investiga sobre o tema, mais claro se torna que estes microorganismos estão envolvidos em “constantemente conversações químicas” com o epitélio intestinal, afetando a integridade intestinal. Todas as respostas de integridade intestinal têm efeitos autoimunes, inflamatórios ou de doenças localizadas em outras regiões do corpo. O efeito da idade também foi observado em espécies animais quando o animal envelhece, havendo ainda a possibilidade de piora do desempenho de integridade intestinal, que pode também ser afetado por outras condições, tais como estresse. A maioria das células epiteliais do intestino são absorptivas, representando em torno de 80% do total.

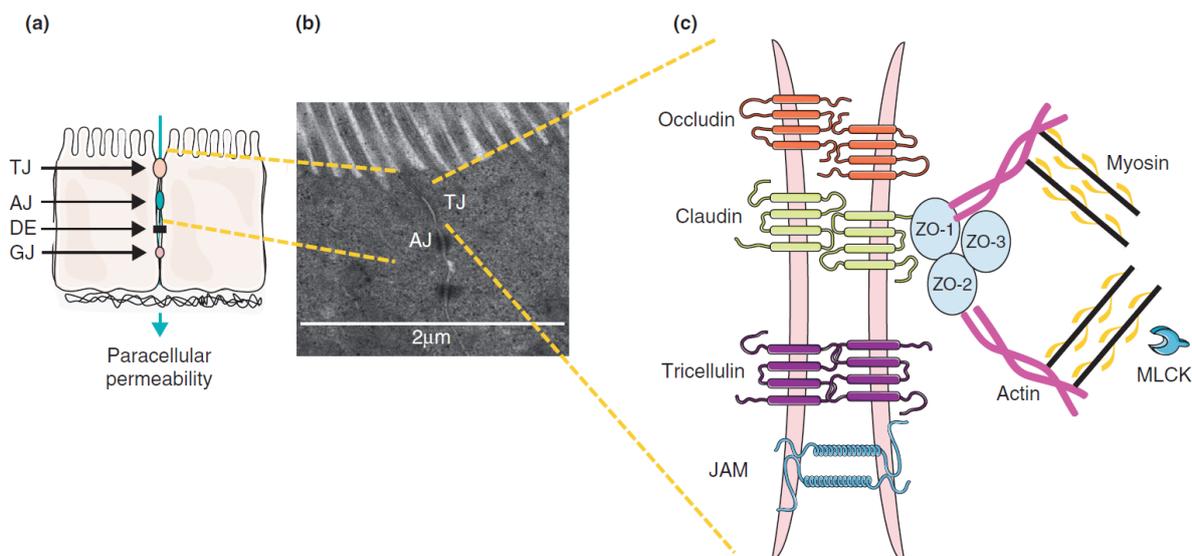


Figura 1. Mecanismo de permeabilidade paracelular. (a e b) células epiteliais são unidas umas as outras por complexos de junção consistindo de *tight junctions* (TJ), junções aderentes (AJ), desmossomas (DE) e junções de espaço (GJ). (c) Quatro famílias de proteínas de transmembrana (occludina, claudina, molécula de junção adesão (JAM) e tricelulina) contribuem para a formação de TJ. Modificado de Barreau e Hugot (2014).

Mudanças em expressão protéica de TJ e distribuição destas proteínas podem causar alterações na integridade intestinal tanto para melhoria quanto para redução da integridade (Ulluwishewa et al., 2011). Estes pesquisadores também relataram que algumas bactérias ou produtos de bactérias tem efeitos capazes de modificar a resistência elétrica transepitelial (TER) e seletividade de TJ, confirmando esta capacidade de algumas bactérias.

Quanto aos efeitos de desmame em leitões, muitas variações em idade de desmame têm sido observadas e relatadas. Lalles *et al.* (2004) observaram sensível redução de consumo alimentar após o desmame, causando em alguns casos severa desnutrição e perda de peso ou ainda interrupção de crescimento. Os pesquisadores observaram aspectos que causavam atrofia de vilosidades intestinais e depressão de atividade de produção de enzimas digestivas. Foram ainda observados sintomas de inflamação, incluindo infiltração de células imunes e aumento de expressão genética e pró-inflamatória de citoquinas, apresentação de proteínas de choque de calor e alterações de tecidos por outras proteínas (estromelina), com efeitos funcionais de regulação de absorção e secreção de minerais. As respostas parecem acontecer com uma permeabilidade de mucosa transiente, balanço eletrolítico com distúrbios de absorção e secreção e um efeito local inflamatório com padrões de citoquinas após o desmame (Lalles *et al.*, 2007). Estas respostas acontecem com dois padrões distintos: uma resposta aguda seguida de uma resposta de adaptação por longo tempo.

Wijten *et al.* (2011) relatou que a barreira intestinal é afetada pelo desmame de maneira diferente entre jejuno proximal ou médio e o íleo. O estresse causado pelo desmame provoca respostas no sistema imune com ativação de células Mastócitos provocando efeitos nas TJ e conseqüentemente perda de alguns aspectos importantes da barreira intestinal. A redução de consumo alimentar causa efeitos adicionais provocando perda da barreira paracelular, causada por falta de nutrientes para



manutenção do tecido. O desmame com mais idade apresenta mudanças importantes na forma de reação do sistema gastrointestinal, com menores perdas de função fisiológica e menor resposta aos fatores externos.

Estes efeitos de perdas absorptivas podem se repetir em menor escala quando patógenos se tornam importantes no balanço de espécies do microbioma. Todas estas alterações leves ou profundas na função e forma das estruturas do sistema gastro-intestinal causam perdas, algumas vezes difíceis de serem recuperadas dentro do sistema de produção. Os efeitos causados pelas desordens que provocam mudanças ou perdas funcionais (resposta inflamatória a toxinas bacterianas, resposta imunológica a estresse, perda de consumo alimentar, eventos de falta de alimento, estresse ambiental – calor, frio, movimento de animais, etc.) devem ser considerados para evitar perdas. Este fato é especialmente importante na atual situação de redução do uso de antibióticos para contenção de aparecimento de doenças, utilizando mesmos apenas para tratamento quando as doenças forem identificadas.

A compreensão da complexidade dos sistemas orgânicos ainda está longe de ser obtida. Existem informações disponíveis sobre os efeitos básicos ou correlacionados dentro do sistema, porém pequenas informações em como estas funções atuam juntas e de forma eficiente ainda estão sendo pesquisadas. Uma mudança de padrão de resposta dentro da comunidade que atua nos sistemas de produção atuando em aspectos individuais e tratando-os, controlando-os ou evitando seu aparecimento, são maneiras de evitar maiores perdas em um sistema que busca a eficiência de animais com menor interferência nas atividades humanas. Estes fatores incluem resposta a vacinas, tratamento ambiental para redução de patógenos e inclusão de aditivos em dietas para melhorar a eficiência funcional de diferentes partes do GIT, tentando desta maneira evitar e/ou minimizar as possíveis causas de redução de desempenho.

Referências

- APHIS, VETERINARY SERVICES, Centers for Epidemiology and Animal Health. 2008. Disease Prevention, Treatment Practices, and Antibiotic Administration Techniques on U.S. Swine Sites. Info Sheet March 2008, United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, 2008.
- Barreau, F., e J.P. Hugot. 2014. Intestinal barrier dysfunction triggered by invasive bacteria. *Current Opinion in Microbiology* 17:91-98.
- BROSEN, B.W.; LEHENBAUER, T.; JI, D. & CONNOR, J. Economic Impacts of Banning Subtherapeutic Use of Antibiotics in Swine Production. Proceedings of the Western Agricultural Economics Association Annual Meetings, Logan, Utah, July, 2001. (Copyright 2001 by, B. Wade Brorsen, Terry Lehenbauer, Dasheng Ji, and Joe Connor).
- CROMWELL, G. L. Antibiotics: What happens if they're banned? *Kentucky Pork Producers News*, July/August, 10; *The Farmer's Pride* 11:2, 1999.
- DIBNER, J.J. & RICHARDS, J. D. Antibiotic Growth Promoters in Agriculture: History and Mode of Action. *Poultry Science* 84, 634-643, 2005.
- Lalles, J.-P., G. Boudry, C. Favier, N. Le Floc'h, I. Luron, L. Montagne, I. P. Oswald, S. Pie, C. Piel, e B. Steve. 2004. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Anim. Res.* 53:301-316.
- Lalles, J.-P., P. Bosi, H. Smidt, e C.R. Stokes. 2007. Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proc. Nutr. Society* 66:260-268.



LIU, X., MILLER, G.Y. & MCNAMARA, P.E. Do Antibiotics Reduce Production Risk for U.S. Pork Producers? Paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Montreal, Canada, July 27-30, 2003. (Copyright 2003 by Xuanli Liu, Gay Miller and Paul McNamara).

REGULAMENTAÇÃO FDA. Guidance Compliance Enforcement (2010). Disponível em: <http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/GuidanceComplianceEnforcement/GuidanceforIndustry/UCM216936.pdf>

RELATÓRIO RESUMO 2009. Antimicrobials Sold or Distributed for Use in Food-Producing Animals Center for Veterinary Medicine, FDA, 2009.

SHARFSTEIN, J. M. Depoimento junto ao Subcomitê de Saúde no Comitê de Energia e Comércio da Casa dos Representantes do Congresso dos Estados Unidos (2010). Disponível em: <http://www.fda.gov/NewsEvents/Testimony/ucm219015.htm>, acessado em janeiro de 2012.

Ulluwishewa, D. R.C. Anderson, W. C. McNabb, P.J. Moughan, J.M. Wells, e N.C. Roy. 2011. Regulation of tight junction permeability by intestinal bacteria and dietary components. J. Nutr. 141:769-776.

Wijtten, P.J.A., J. van der Meulen e M.W.A. Verstegen. 2011. Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: a review. British J.Nutr.105:967-981.



NUTRIÇÃO COMO FERRAMENTA NA MODULAÇÃO DA SAÚDE INTESTINAL

Sandra Paredes Escobar

*De Heus Animal Nutrition - Ede the Netherlands
sparedes@deheus.com*

Young piglets are immature animals in the first weeks of life. During this time their digestive system is not fully developed to digest other products than sow milk. In nature, the transition from sow milk to different types of feed occurs gradually, by a slow introduction of different raw materials. The transition starts at 3 weeks of age and can take up to 17 weeks. This allows the digestive system to start up the production of the enzymes needed to digest these raw materials; and the intestine to mature and become able to absorb nutrients. Correspondingly, their explorative and copying behavior allows them to explore which raw materials are good for them, while still having access to sow milk as a nutrient source.

In modern pig husbandry, piglets are weaned at a relatively young age and the provision of supplementary feed, next to sow milk, is not always common in practice. This makes the transition to solid feed and the introduction to non-milk raw materials to occur in an abrupt way and mostly when no access to sow milk is longer present. Reasons for early weaning, compared to nature, and for not providing supplementary feed are various. Weaning takes place most often at 3 or 4 weeks of age due to economic reasons, as more litters per year means more piglets delivered per year. For not providing supplementary feed, one of the most common reasons is labor. In order to stimulate feed intake supplementary feed in the farrowing unit is often presented in a liquid form, which is sometimes perceived as extra work or investment. However, supplementary feed (milk replacer and creep feed), next to the sow milk, allows the piglet to mimic its natural explorative behavior and to get used to different, non-milk related, raw materials. This gradual exposure helps the development of enzyme production needed to digest these new raw materials. It helps the intestinal surface development like villi structure; and reduces intestinal permeability (de Greef et al., 2016; Figure 1). All of these needed to assure proper nutrient absorption and to avoid passage of pathogenic microbes to the blood flow. The addition of supplementary feed in the pre-weaning phase will also increase the IGF-1 gene expression in jejunum, which might facilitate cell proliferation and intestinal growth (de Greef et al., 2016). In other words, an optimal intestinal health which allows the piglet to utilize the nutrients for growth.

The slow introduction of carbohydrates to the piglets during the pre-weaning phase will have also additional beneficial effects for the piglets. Carbohydrates such as oligosaccharides, non-starch polysaccharides and starch will be fermented to organic compounds such as lactic and succinic acid and straight short chain fatty acids (SCFAs; Macfarlane and Macfarlane, 2003). Acetic, propionic and butyric acid are converted into glucose by gluconeogenesis; acetic acid is used for energy production (Jha and Berrocoso, 2016). Butyric acid is used as an energy source for colonocytes, promoting normal proliferation and differentiation (Fouhse et al., 2016) and has anti-inflammatory effects (Andriamihaja et al., 2010). Therefore, the addition of these



components to piglet feeds will lead to an improved intestinal health and energy source.

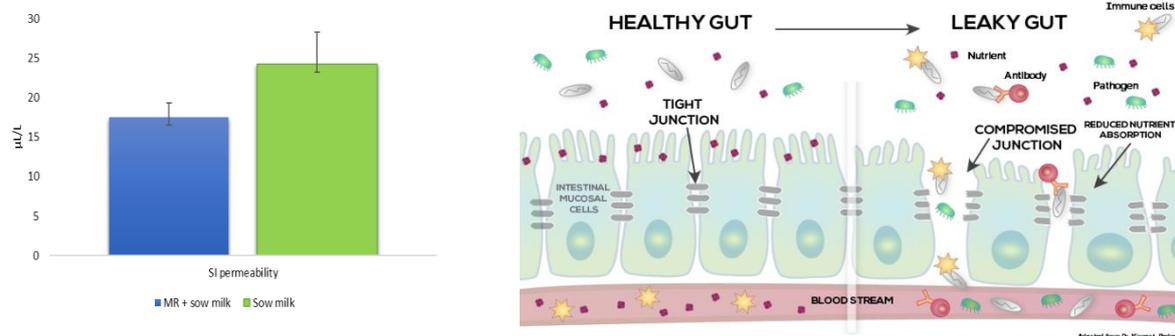


Figure 1. Small intestine permeability in piglets fed sow milk and milk replacer (MR + sow milk) or only sow milk in the pre-weaning phase (adapted from De Greef et al., 2016) and graphic representation of the effect of high intestinal permeability or leaky gut, compared with a healthy gut (low intestinal permeability; adapted from Dr. Vincent Pedra).

When talking about the importance of providing supplementary feed next to the sow, another important factor to consider in modern pig farming, is the increase in sow prolificacy. The number of piglets born per litter has increased, but the colostrum and milk production has not done so at the same pace (Figure 2). The impact of the difference between milk production and piglet's needs exacerbate in hot climates, where sow milk yield is often limited due to heat stress (Black et al., 1993). Therefore, with the increase in sow prolificacy, the addition of supplementary milk and creep feed becomes a must, if we want piglets to reach their genetic potential.

When focusing on colostrum intake, an average of 250 g per piglet is recommended for a good health and pre and post-weaning growth (Quesnel et al., 2012). Nonetheless, this might be difficult to achieve in highly prolific sow, as the sow produces on average 3 to 4 litters of colostrum (Maass and Duran, 2016). This can lead to a reduction in the amount of nutrients received per piglet before weaning, which hampers its growth and performance. In addition, by the reduction of colostrum amount per piglet born, the piglet is exposed to two more challenges in early life. In the short term: survival, as piglets are born with too little energy reserves but they have high energy requirements. Therefore, it relies on colostrum to cover part of these requirements as its glycogen storage is not enough. Yet by the reduction in colostrum amount, the amount of energy supplied to the piglet is also reduced (Theil et al., 2014). In the longer term a reduction in colostrum intake might lead to a reduction of reproductive traits in gilts (e.g. litter size, pre-weaning growth rate); reduced growth rate in later life (Vallet et al., 2015). It might also lead to immune response problems, making the piglet more vulnerable to disease pressure (Devillers et al., 2011).

Piglets are born with a not fully developed immune system. Therefore, they depend on the immunoglobulins transferred via the colostrum to obtain enough resources to face the immune challenges presented in early life. Considering the factors discussed above, supplementary feeding in the farrowing house can be useful. The supplementary feed should contain highly digestible nutrients, ready to be used by the piglets, its immune system; ready to be converted into energy for heat



production; and able to optimize the microbiota balance (eubiosis). By providing this extra help to the piglets, we allow them to focus on converting nutrients into protein, rather than utilizing nutrients merely to survive and/or to fight disease pressure.

The establishment of gut microbiota starts during the birth process, where the piglet is exposed to the fecal, skin and vaginal microbiota of the sow and the environment. Although, the piglet is exposed to many different microbes, only a subset of these will be established in the piglets' intestine. Some of these microbes are able to establish permanently (indigenous), and do not require reintroduction; whereas others are only temporary residents of the intestine (non-indigenous; Pluske et al., 2002). Factors such as environment, diet, host physiology, etc. shape the initial microbiota present in the piglet. At early life this community is dynamic, a transition in the community structure occurs after 2 and before 4 weeks of age, coinciding with an important period in the immune system development of the piglet (Thompson et al., 2008). According to Bailey et al. (2001) a mature organization of Peyer's patches is present by 12 days of age. Around 28 days of age the CD8+ T cells infiltrate the intestinal tissue. And at 6 weeks of age the immune system architecture is considered mature. Therefore, the period between 2 and 3 weeks of age is meant to shape the adult microbial community and the pig's immune system (Thompson et al., 2008). Understanding the events occurring during this period, and steering towards a stable microbiota community, by providing the right nutrients and environment, will help us support the piglet's immune system and help the piglet to cope with different changes in life in a more effective way. While the microbiome might be easier to adapt in this time frame. The role of the intestinal microbiota is crucial for the pig's ability to respond against pathogens during its whole life (Mulder et al., 2009).

As mentioned earlier, it is common practice to separate the piglets from the sow at relatively early age. This imposes great stress to the piglet, leading to perturbations in the eubiosis, piglet physiology and immune function (Konstantinov et al., 2006). This can be an opportunity for pathogenic bacteria to increase and lead to dysbiosis and post-weaning diarrhea. This dysbiosis is exacerbated by the reduction in feed and water intake in the immediate post-weaning (Lalles et al., 2007). Therefore, the addition of supplementary feed, while piglets are next to the sow, will reduce the risk of dysbiosis. With the additional advantage that the drop in solid feed and water intake, in the immediate post-weaning, is not as dramatic as when piglets are only exposed to sow milk and need to 'discover' what is safe to eat and will remain hydrated.

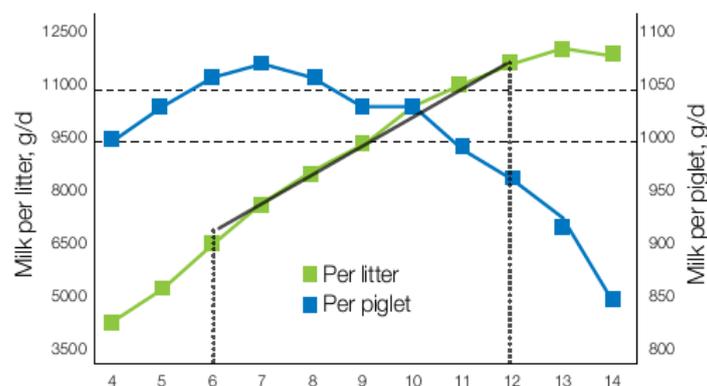


Figure 2. Milk gift per litter and per piglet as a function of increasing litter size (adapted from Dourmad et al., 2012).



All the factors described above: abrupt transition from milk to solid feed; reduced nutrient intake; gastrointestinal tract development; dysbiosis, and reduced immune system support/development may lead to problems with intestinal health and disturbances in the post-weaning phase resulting in production losses. Understanding the piglet nutritional needs during each phase (pre- and post-weaning) is therefore, vital in pig production. This presentation will focus on the importance of early feed intake and how understanding the piglet's physiology and matching its needs can help the piglet perform to its potential. Furthermore, it will provide some advice on how to obtain good performance without the use of in-feed antibiotics. Also how nutritional interventions at early age can help reach an optimal balance of microbiota in the gastrointestinal tract. The latter will help optimize nutrient absorption, reduce the risk of diarrhea and 'leaky gut' and the incidence of other age related diseases. Improve the piglets' immune system and reduce the cost of pig production, as the benefits of this approach are maintain up to slaughter. In other words, how nutrition can be used as a tool in the modulation of intestinal health.

Keywords: intestinal health, growth, performance, piglet, survival

References

- Andriamihaja, M, Davila AM, Eklou-Lawson M, Petit N, Delpal S, Allek F, Blais A, Delteil C, Tome D, Blachier F. (2010). Colon luminal content and epithelial cell morphology are markedly modified in rats fed with a high-protein diet. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 299(5):G1030-G1037.
- Bailey M, Plunkett FJ, Rothkotter HJ, Vega-Lopez MA, Haverson K, Stokes CR. (2001). Regulation of mucosal immune responses in effector sites. *Proc Nutr Soc* 60:427-435.
- Black, JL, Mullan, B, Lorschy, ML, Giles, L. (1993). Lactation in the sow during heat stress. *Livestock Production Science*, 35(1-2):153-170.
- Bruininx, EMA, Binnendijk M, van der Peet-Schwering CM, Schrama J, den Hartog L, Everts H, Beynen A. (2002). Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group-housed weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 80(6)1413-1418.
- Che, L, Hu L, Liu Y. (2016) Dietary nucleotides supplementation improves the intestinal development and immune function of neonates with intra-uterine growth restriction in a pig model. *PLOS ONE* 11, e0157314.
- De Greef, A, Resink J, van Hees H, Ruuls L, Klaassen G, Rouwers S, Stockhofe N. (2016) Supplementation of piglets with nutrient-dense complex milk replacer improves intestinal development and microbial fermentation. *JAS* 94(3):1012-9.
- Devillers, N, Le Dividich J, Prunier A. (2011). Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal* 5:1605-1612.
- Dourmad, J, Quiniou N, Heugebaert S, Paboeuf F, Ngo T. (2012). Effect of parity and litter size on milk production of sows. EAAP, Presented at 63rd Annual meeting in Bratislava, Slovakia .
- Fouhse, JM, Zijlstra R, Willing B. (2016). The role of gut microbiota in the health and disease of pigs. *Animal Frontiers*, doi:10.2527/af.2016-0031.



- Jha, R, Berrocoso JFD. (2016). Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212:18-26.
- Konstantinov, SR, Awati A, Williams B, Miller B, Jones P, Stokes C, Akkermans AD, Smidt H, De Vos WM. (2006). Post-natal development of the porcine microbiota composition and activities. *Environ. Microbiol.* 8:1191-1199. doi:10.1111/j.1462-2920.2006.01009.x.
- Lallès, JP, Bosi P, Smidt H, Stokes C. (2007). Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proc. Nutr. Soc.* 66:260-268. doi:10.1017/S0029665107005484.
- Macfarlane, S, Macfarlane G. (2003). Regulation of short-chain fatty acid production. *Proceedings of The Nutrition Society*, 62(1):67-72. 7th International Vahouny Fibre Symposium, Royal Coll Phys, Edinburgh, Scotland, May 27-30.
- Maass, P, Duran O. (2016). Colostrum: Key to prevent diarrhea in suckling pigs. *Pig Progress*, September piglet edition.
- Mulder, IE, Schmidt B, Stokes CR, Lewis M, Bailey M, Aminov RI, Prosser JI, Gill BP, Pluske J R, Mayer CD, Musk C, Kelly D. (2009). Environmentally-acquired bacteria influence microbial diversity and natural innate immune responses at gut surfaces. *BMC Biology*, 7.
- Pluske, J, Pethick D, Hopwood D, Hampson D. (2002). Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pigs. *Nutrition Research Reviews*, 15(2):333-371.
- Quesnel, H, Farmer C, Devillers N. (2012). Colostrum intake: influence on piglet performance and factors of variation. *Livestock Science*, 146(2):105-114.
- Theil, P, Lauridsen C, Quesnel H. (2014). Neonatal piglet survival: impact of sow nutritional around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal*, 8(7):1021-1030.
- Thompson, C, Wang B, Holmes A. (2008). The immediate environment during postnatal development has long-term impact on gut community structure in pigs. *ISME Journal* 2:739-748.
- Vallet, JL, Miles JR, Rempel LA, Nonneman DJ, Lents CA. (2015). Relationship between day one piglet serum immunoglobulin immunocrit and subsequent growth, puberty attainment, litter size, and lactation performance. *Journal of Animal Science* 93: 2722-2729.
- Wu G, Bazer FW, Johnson GA. (2011) Triennial growth symposium: important roles for L-glutamine in swine nutrition and production. *Journal of Animal Science* 89, 2017-2030.



INFLUENCIA DA NUTRIÇÃO NA IMUNIDADE DOS LEITÕES DE CRECHE

A.R. Dean, L.F.S. Rangel, J. Polo, J.M. Campbell e J.D. Crenshaw

APC Inc., Ankeny, IA USA

agustin.dean@functionalproteins.com e luis.rangel@functionalproteins.com

Introdução

Os leitões na creche enfrentam vários tipos de estresse que podem ter impacto negativo na sua saúde. Ao desmame, os leitões experimentam uma mudança repentina na dieta, muitas vezes são misturados com outros leitões de ninhadas diferentes ou de granjas diferentes e são retirados da porca e colocados em um ambiente que pode não ter condições térmicas ou sanitárias adequadas para uma ótima saúde e produção. Essa combinação de fatores de estresse associados ao desmame pode causar uma redução severa na ingestão alimentar, inflamação intestinal e danos à estrutura e função de barreira da mucosa intestinal que podem resultar em uma maior susceptibilidade à patógenos (Campbell et al., 2013). Outros fatores, como alergênicos alimentares, micotoxinas e ingredientes alimentares mal digeridos também podem contribuir para reduzir a produtividade e a saúde dos animais.

Juntamente com o bom manejo e gestão da saúde, as intervenções alimentares podem ser uma maneira viável e prática de melhorar a saúde e o desempenho dos leitões. As dietas de creche com ingredientes altamente digestíveis, ingredientes que aumentam a ingestão alimentar e antibióticos promotores de crescimento em doses sub-terapêuticas têm sido usados para ajudar os leitões a passarem pelo estresse associado ao desmame. No entanto, há um movimento global, aumentando cada vez mais rápido, para assegurar o uso criterioso de antibióticos nas granjas a fim de reduzir a prevalência de agentes patogênicos resistentes aos antibióticos que afetam a saúde humana. O resultado dessas mudanças regulatórias poderá reduzir o período de tempo que os antibióticos podem ser usados, eliminar o uso de agentes antimicrobianos e quimioterápicos que também são utilizados na medicina humana e em granjas e eliminar o uso desses produtos em níveis sub-terapêuticos nos alimentos para animais.

Os produtores de suínos precisam de alternativas aos antibióticos em doses sub-terapêuticas e terapêuticas como ferramentas de gerenciamento de saúde animal que possam efetivamente manter o bem-estar e a produtividade de seus animais. Vários ingredientes ou aditivos alimentares, incluindo plasma sanguíneo *spray-dried*, produtos lácteos, de ovos, de levedura, acidificantes, óleos essenciais, oligossacarídeos, probióticos, prebióticos, enzimas, óxido de zinco e fontes de cobre foram utilizados em dietas para leitões como alternativas aos antibióticos sub-terapêuticos (Lallès et al., 2009). Entretanto, uma revisão dos estudos mostrou que o plasma sanguíneo *spray dried* no alimento aumentou o crescimento de leitões desmamados entre 23-27% em comparação com 12% para os acidificantes, 4% para a proteína do soro e 4% para os oligossacarídeos (Pettigrew, 2007).

A intenção deste artigo é revisar os estudos sobre os efeitos da proteína plasmática seca por *spray drying* no desempenho e na saúde do suíno e como ele pode ser usado para ajudar no gerenciamento da saúde de leitões de creche.



O que é o plasma *Spray dried*?

O plasma sanguíneo em pó ou *spray dried* (SDP) é um ingrediente alimentar único que é usado como uma fonte de proteína funcional de alta qualidade na nutrição animal. A proteína de plasma *spray dried* é produzida a partir do sangue de animais clinicamente saudáveis coletado de frigoríficos aprovados para produção de carne para o consumo humano. O plasma é separado das células vermelhas e seco por atomização com calor a fim de produzir um produto seco e biologicamente seguro, mantendo a qualidade e a funcionalidade da proteína (Crenshaw et al., 2017a). A pesquisa confirma que os ingredientes secos por spray drying produzidos a partir do sangue animal são fontes seguras de proteínas de alta qualidade para o uso na nutrição animal (Pérez-Bosque et al., 2016).

A Figura 1 apresenta uma visão geral esquemática do processo de fabricação de plasma sanguíneo em pó (adaptado de Pérez-Bosque et al., 2016).

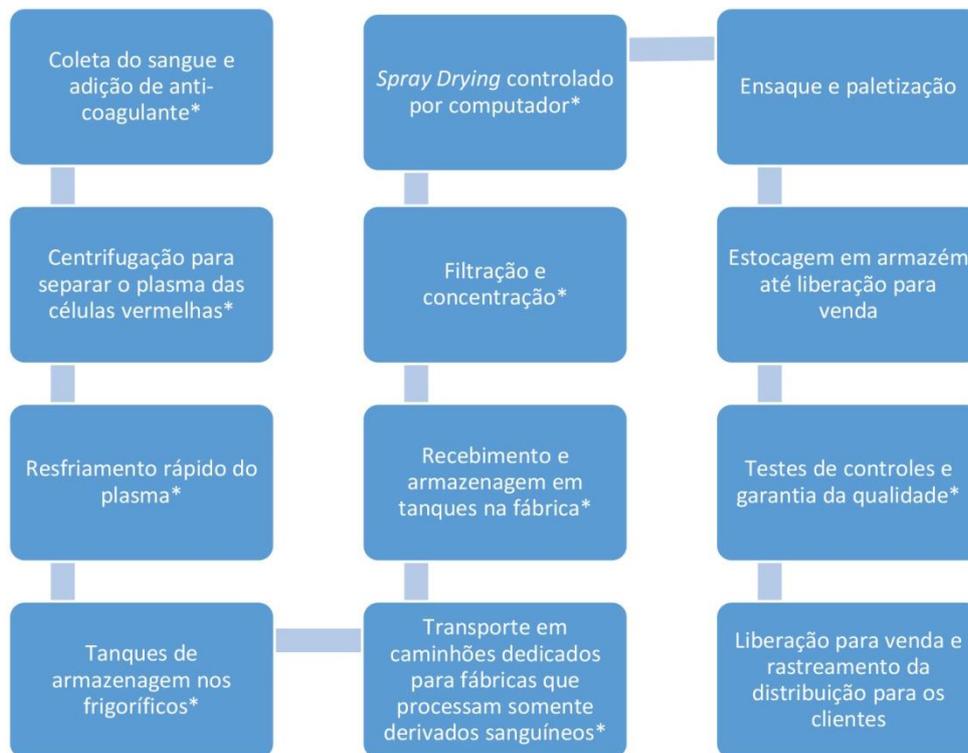


Figura 1. Descrição esquemática das etapas gerais envolvidas na produção industrial de plasma *spray dried*. * Pontos críticos de controle para garantia e controle de qualidade. Os fabricantes que seguem boas práticas de fabricação coletam sangue de animais inspecionados e definidos como aptos para abate para o consumo humano. O sangue flui por um sistema fechado e são separadas as células vermelhas do plasma, ambas as frações são rapidamente resfriadas a 4°C e mantidas em tanques de armazenamento isolados termicamente. Em seguida, o plasma é transportado em caminhões higienizados, selados e dedicados para uma instalação de produção remota, onde é mantido em tanques com isolamento térmico. Alternativamente, todo o sangue pode ser resfriado a 4°C no frigorífico e transportado para fábrica remota onde são separadas as frações de plasma e células vermelhas. Os sistemas de coleta e tanques de armazenamento nos frigoríficos são limpos e sanitizados seguindo procedimentos operacionais padrão específicos para cada unidade de produção. Os tanques de armazenamento nos frigoríficos ou fábricas de produção de plasma são higienizados e sanitizados quando esvaziados. Os sistemas de filtração e concentração são limpos seguindo procedimentos operacionais padrão. Procedimentos operacionais padrão estão em vigor para o monitoramento e registro contínuo do processo de secagem por atomização controlada por computador. Cada lote de produto *spray dried* é identificado na embalagem e deve ser submetido aos



testes de controle e garantia de qualidade antes da disponibilização para venda. O número de lote do produto permite a rastreabilidade da distribuição aos clientes.

Por que o plasma sanguíneo *spray dried* é uma fonte única de proteína?

Uma meta-análise de mais de 70 experimentos comparou o desempenho dos leitões durante as duas semanas iniciais após o desmame alimentado com dietas contendo diferentes fontes de proteína (Torrallardona, 2010). Os leitões alimentados com dietas contendo o plasma *spray dried* apresentaram melhores taxas de crescimento e de ingestão alimentar, em comparação com leitões alimentados com dietas contendo outras fontes de proteína, tais como extrato de carne, farinha de peixe, leite desnatado em pó, proteína de soro, caseína, farelo de soja, isolados de proteína de ervilha, concentrado de proteína de soja, glúten de trigo, farinha de sangue ou proteína de batata.

Um estudo recente confirma que o plasma sanguíneo *spray dried* em dietas de suínos não medicadas melhorou o crescimento de leitões desmamados em comparação com outras proteínas alternativas especiais, incluindo concentrado de proteína de soja, plasma suíno ativado, proteína de soja/levedura enzimaticamente hidrolisada, uma combinação (de farinha de peixe, plasma suíno ativado e proteína de soja / levedura enzimaticamente hidrolisada), ou anticorpos de ovo (Crenshaw et al., 2017b, Figura 2). Os leitões desmamados aos 21 dias de idade e alimentados com dieta livre de antibióticos com plasma *spray dried* pesaram aproximadamente 1 kg a mais aos 35 dias de idade do que os leitões alimentados com outras dietas e também sem antibióticos.

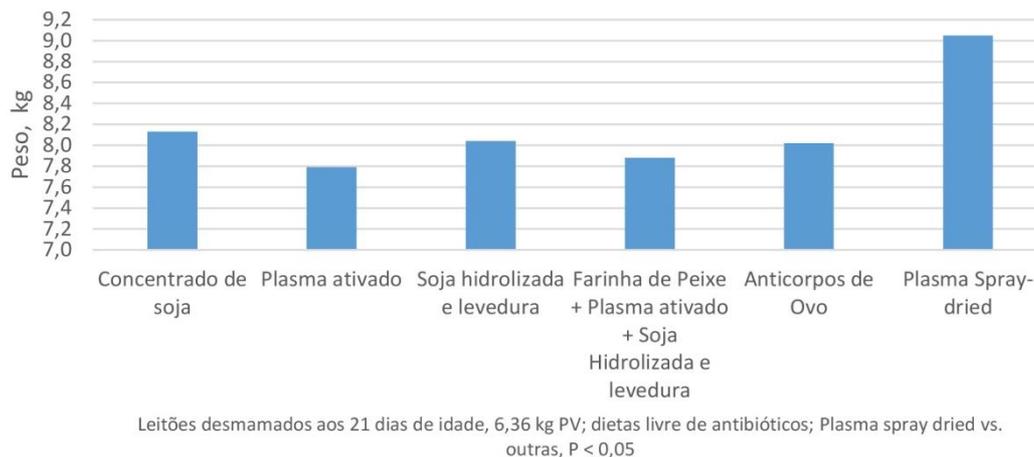


Figura 2. Média de peso corporal aos 35 dias de idade por fonte proteica, adaptado de Crenshaw et al., 2017b.

Além disso, leitões desmamados aos 21 dias, positivos para o vírus da síndrome reprodutiva e respiratória suína (PRRSV), apresentaram maior sobrevivência e ganharam aproximadamente 0,9 kg a mais de peso aos 69 dias de idade quando receberam dietas iniciais medicadas (fornecidas durante 21 dias após o desmame) que continham o plasma, em comparação com leitões que receberam dietas medicadas alternativas, contendo uma mistura de diferentes fontes de proteínas (proteínas de ovo, peptonas de peixe, proteína de aves altamente processada, cultura de



leveduras, concentrado de proteína de soja e outros 10 aditivos para alimentação) (Crenshaw et al., 2017c; Figura 3).

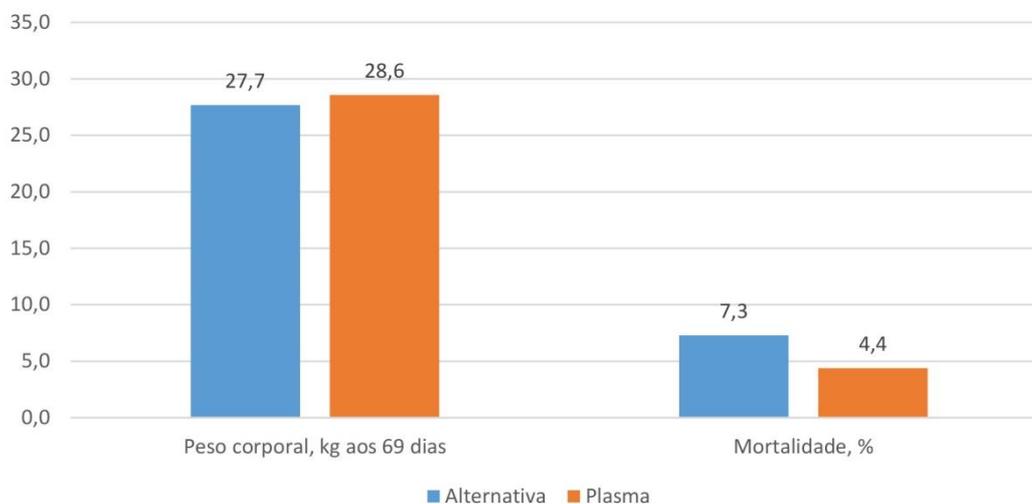


Figura 3. Desempenho de leitões + para PRRSv alimentados com plasma adaptado de Crenshaw et al., 2017c.

Deitas de pré-iniciais de suínos suplementadas com o plasma *spray dried* promovem não apenas um melhor desempenho precoce, mas também melhoram o desempenho ao abate. Isso foi demonstrado em um estudo no qual os leitões, desmamados em 21 dias, foram alimentados inicialmente com dietas pré-iniciais, não medicadas, durante 14 dias após o desmame, que continham 0% ou 6% de plasma sanguíneo em pó (Pujols et al., 2016; Figura 4). Dietas comuns foram oferecidas a todos os leitões durante o restante do tempo até o abate. Aos 35 dias de idade, os leitões que receberam a dieta pré-inicial com o plasma apresentaram uma vantagem de peso corporal de 0,3 kg. Ao abate, os suínos previamente alimentados com plasma sanguíneo na dieta pré-inicial apresentaram uma vantagem de 2,6 kg no peso da carcaça. Os leitões previamente alimentados com plasma sanguíneo na dieta pré-inicial tiveram uma sobrevivência significativamente melhor em 69 dias de idade e, no final do estudo de 145 dias, os leitões alimentados com plasma mantiveram uma vantagem de 6,1% na taxa de sobrevivência. A mortalidade do desmame ao abate foi bastante elevada neste estudo. As mortalidades eram compatíveis com infecções bacterianas sistêmicas e apresentavam polisserosite fibrinosa, artrite e menos frequentemente diarreia por *E. coli* e enterite. Infecções por *Haemophilus parasuis*, *Mycoplasma hyorhinis* e *Escherichia coli* poderiam estar envolvidas em conjunto com outros agentes. Cerca de 70% da mortalidade ocorreu entre os 35 e os 69 dias de idade depois de os leitões receberem uma dieta comum na creche. Quase todas as mortalidades após os 69 dias de idade (quando os leitões foram transferidos para a terminação) foram associadas a infecções bacterianas crônicas atribuídas à canibalismo de cauda ou à eutanásia por paralisia dos membros posteriores. Esses resultados enfatizam a importância de fornecer níveis adequados de plasma *spray dried* em dietas pré-iniciais para ajudar os leitões na passagem pelos efeitos do estresse da desmama.

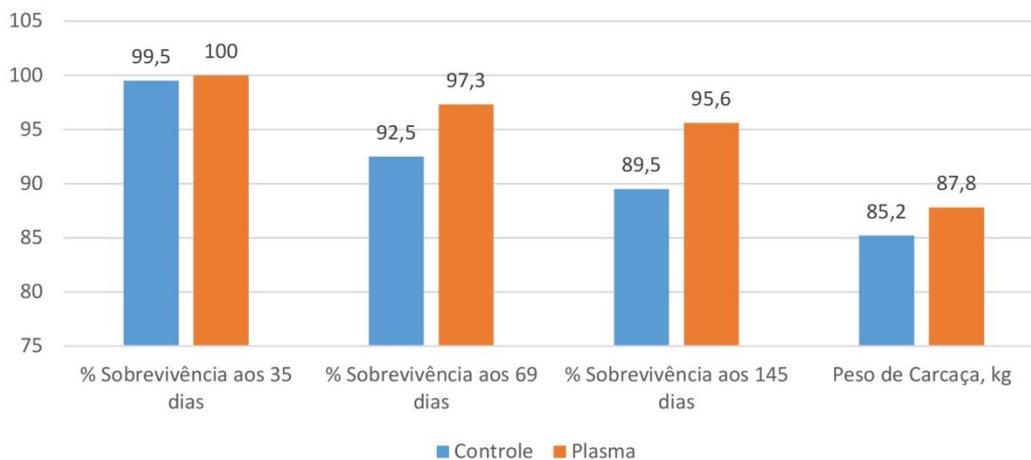


Figure 4. Sobrevivência da desmama até a terminação e peso de carcaças de suínos alimentados com plasma em dietas iniciais (adapted from Pujols et al., 2016).

O SDP é altamente eficaz para reduzir os efeitos de vários estressores, desde que seja incluído nas dietas em uma inclusão apropriada e fornecido por uma duração de tempo específica. Quando 5% de plasma *spray dried* foi incluído em uma dieta pré-inicial de leitão, não medicada, oferecida durante duas semanas após o desmame, observaram-se efeitos benéficos na função de barreira intestinal, em marcadores inflamatórios do tecido intestinal e nos índices de diarreia, porém esses efeitos benéficos não foram observados para leitões alimentados com dietas contendo 0% ou 2,5% de plasma (Peace et al., 2011).

Outro estudo foi desenvolvido para determinar os efeitos de longo prazo das dietas iniciais não medicadas contendo SDP, sobre a permeabilidade intestinal durante um evento de estresse posterior, após o plasma não estar mais na alimentação (Boyer et al., 2015). Os leitões foram desmamados aos 21 dias de idade e receberam uma dieta contendo 2,5% de SDP por apenas sete dias após o desmame ou uma dieta com 5% de SDP durante 14 dias após o desmame, logo todos os leitões foram alimentados com uma dieta comum sem SDP. No 32º dia do estudo (50 dias de idade), os leitões foram submetidos a estímulos de estresse e desafiados com *Salmonella typhimurium*. Dois dias após o desafio com *Salmonella typhimurium*, mediu-se a permeabilidade intestinal e os resultados indicaram que os leitões previamente alimentados com dieta com 5% de SDP durante os 14 dias após o desmame não exibiram aumento da permeabilidade intestinal; enquanto que os leitões submetidos ao estresse e alimentados com a dieta de controle ou a dieta com 2,5% de plasma por apenas sete dias após o desmame aumentaram a permeabilidade intestinal. Esses resultados enfatizam a importância do nível de inclusão e da duração das dietas pré-iniciais com o plasma sanguíneo em pó no desenvolvimento intestinal pós-desmame e na resiliência de leitões para resistir a eventos estressantes ao longo da vida.



Mecanismos de ação do plasma sanguíneo *spray dried*

A dieta pré-inicial de suínos que contém proteínas do plasma *spray dried* como ingrediente beneficia a saúde e a produtividade dos animais, quando contém níveis sub-terapêuticos de antibióticos ou quando esses são excluídos da alimentação (Torrallardona, 2010). O plasma sanguíneo em pó é uma excelente alternativa aos antibióticos porque contém uma diversidade de proteínas, como imunoglobulinas, albumina, fibrinogênio, lipídios, fatores de crescimento, peptídeos bioativos e outros componentes bioativos que, quando incluídos na alimentação, ajudam a manter e apoiar uma resposta eficiente do sistema imunológico a fim de que os animais possam rapidamente recuperar-se e superarem eventos estressantes (Pérez-Bosque et al., 2016).

Estudos conduzidos no passado envolvendo desafio experimental ou infecção natural com bactérias patogênicas, vírus ou protozoários relataram mortalidade reduzida e/ou índices de saúde melhorados nas dietas contendo plasma sanguíneo em pó em suínos, bezerros, aves e camarões (Crenshaw et al., 2013). Os leitões alimentados com uma dieta contendo o plasma e desafiados com *E. coli* K88 enterotoxigênica apresentaram redução em processos inflamatórios, maior crescimento, redução de secreção de IgA salivar, redução do dano na mucosa intestinal e redução na expressão de citocinas pró-inflamatórias no intestino (Bosi et al., 2004). Esses autores concluíram que o plasma sanguíneo em pó protege contra a infecção por *E. coli* K88, mantendo a integridade da mucosa, aumentando a defesa específica dos anticorpos e diminuindo a inflamação no intestino. Outros estudos relataram que as dietas com plasma sanguíneo diminuíram os sintomas clínicos e melhoraram a recuperação, o crescimento e a sobrevivência de leitões e suínos de crescimento/terminação desafiados naturalmente pela circovirose suína, que é uma patologia multi-sistêmica que afeta os sistemas respiratório e digestivos de suínos (Messier et al., 2007; Morés et al., 2007).

Os mecanismos pelos quais o plasma sanguíneo *spray dried* afeta a saúde animal não estão totalmente determinados. Foi observado que as imunoglobulinas do plasma resistem à digestão no estômago e depois passam para o lúmen intestinal onde se ligam a antígenos (alérgenos, patógenos, toxinas) para prevenir danos ao intestino (Torrallardona, 2010). Outras pesquisas relatam que múltiplos componentes do plasma sanguíneo em pó podem ter um papel na manutenção e suporte de uma resposta eficiente do sistema imunológico a agentes patogênicos ou outros estressores que ativem ou suprimam o sistema imunológico comum, incluindo os sistemas gastrointestinal, respiratório e reprodutivo (Pérez-Bosque et al., 2016; Figura 5).

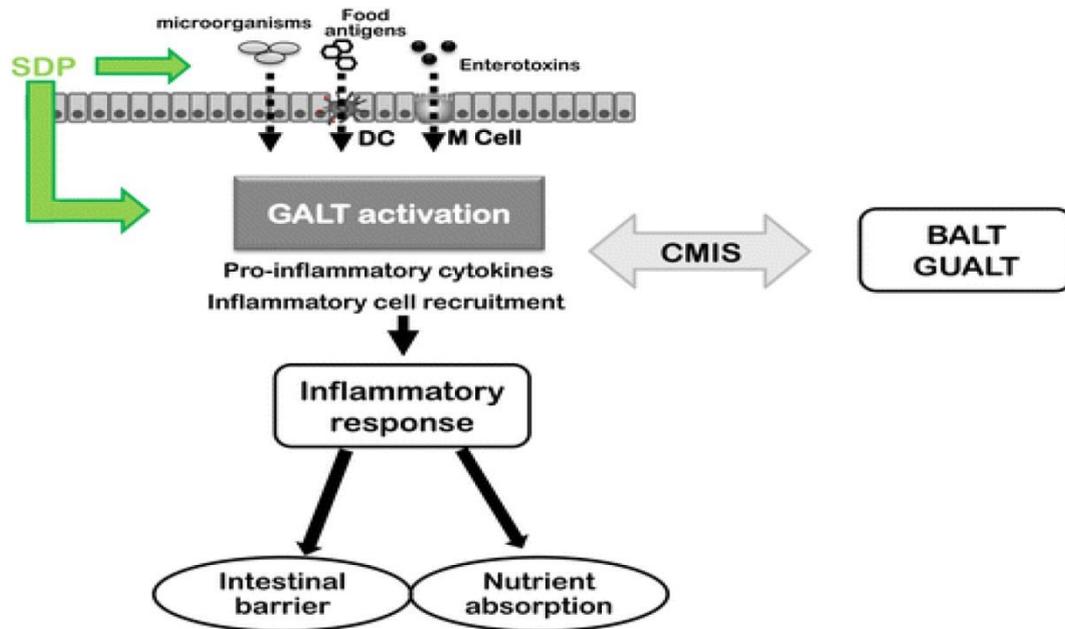


Figura 5. Diagrama resumindo o modo de ação do plasma sanguíneo *spray dried* (SDP). Os antígenos alimentares e os metabólitos de bactérias comensais podem entrar na lâmina própria intestinal através das células M (nas placas de Peyer), por células dendríticas (DC) ou por via paracelular. Isso resulta na ativação do tecido linfóide associado do intestino (GALT), induzindo a uma resposta inflamatória que pode alterar diferentes funções intestinais, como barreira intestinal ou absorção de nutrientes. O GALT está interligado a outras superfícies mucosas como o tecido linfóide associado brônquio-alveolar (BALT) ou o tecido linfóide associado uro-genital (GUALT) pelo sistema imunológico mucoso comum (CMIS). A suplementação com o SDP pode modular a resposta imune a nível luminal (por exemplo, modificando o perfil da microbiota, reduzindo a concentração de antígenos e patógenos pela ligação luminal – “luminal binding”). Além disso, os compostos biologicamente ativos presentes no SDP também podem interagir diretamente com células imunes de mucosas. O SDP na dieta induz a alterações no perfil de citocinas nas mucosas e pode prevenir ou reverter os efeitos prejudiciais à saúde resultantes da ativação do sistema imunológico. (Adaptado de Pérez-Bosque et al., 2016).

Foi demonstrado que a suplementação oral de proteínas plasmáticas influenciam de forma benéfica os agentes de resposta e de comunicação imunológica das superfícies mucosas comuns do intestino (Moretó e Pérez-Bosque, 2009), do sistema respiratório (Maijó et al., 2011, 2012) e do sistema reprodutivo (Song et al., 2016). A pesquisa também demonstrou melhorias no desempenho de porcas alimentadas com dietas contendo o plasma, particularmente durante os meses de verão ou períodos de estresse (Campbell et al., 2006; Crenshaw et al., 2007).

Sumário e recomendações

O plasma sanguíneo *spray dried* pode ser uma excelente alternativa aos antibióticos devido aos seus componentes bioativos únicos que têm influência benéfica na manutenção e suporte de uma resposta eficaz do sistema imunológico durante períodos de estresse ou doença. Em situações de produção, dependendo do momento da exposição, os leitões podem soro-converter para muitas doenças na última fase de creche ou nos estágios iniciais de crescimento e terminação. A combinação de infecções bacterianas e doenças virais pode ter um impacto significativo na saúde dos leitões durante essas fases. Além disso, doenças entéricas, como a ileíte ou a salmoneloses, podem reduzir ainda mais a eficiência do sistema imunológico,



tornando mais difícil para o suíno responder aos tratamentos. À medida que o uso de antibióticos nos animais de produção diminui, devido à regulamentação ou pela preferência do produtor, o plasma sanguíneo *spray dried* deve ser considerado por nutricionistas e veterinários como parte do programa de alimentação e do plano da saúde animal para leitões na creche e em outras fases de produção. Recomendações para o uso de plasma *spray dried* em alimentos para suínos são apresentados na Tabela 1. Essas recomendações são fornecidas para colaborar com os nutricionistas e veterinários a fim de estabelecer o nível apropriado de inclusão do plasma *spray dried* na dieta e de tempo de duração para oferecer a quantidade mais adequada para cada variável de ambiente e situações de produção sob as quais os suínos são criados. Os resultados aqui relatados demonstram o papel importante do plasma sanguíneo em pó nos alimentos para sustentar o desempenho do suíno desde a fase de creche e as demais fases de desenvolvimento.

Tabela 1. Recomendações do uso de plasma sanguíneo *spray dried* em dietas para suínos.

Fase de produção	Inclusão de plasma <i>Spray Dried</i>	Período de uso
Leitões na maternidade	5-10%	7 dias de idade ao desmame
Primeira fase após o desmame	5-6%	0 a 14 dias após o desmame
Segunda fase após o desmame*	2-3%	15 a 28 dias após o desmame
Terceira fase após o desmame **	1.0-1.5%	28 após o desmame a saída da creche
Transferência para engorda **	0.5-1.0%	0 a 14 dias após o alojamento na engorda
Porcas lactação	0.5%-1%	Todo o período de lactação
Porcas gestação	0.5%-1%	Todo período de gestação
Animais em Quarentena	2.5%	Durante o período de quarentena

* Recomendação para máximo desempenho utilizando o plasma sanguíneo *spray dried*.

** Recomendação para leitões durante períodos de alto desafio: transição maternidade para creche e da creche para a engorda.

Literatura citada

Bosi, P., L. Casini, A. Finamore, C. Cremokolini, G. Merialdi, P. Trevisi, F. Nobili, and E. Mengheri. 2004. Spray-dried plasma improves growth performance and reduces inflammatory status of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. J. Anim. Sci. 82:1764-1772.

Boyer, P.E., S. D'Costa, L.L. Edwards, M. Milloway, E. Susick, L.B. Borst, S. Thakur, J.M. Campbell, J.D. Crenshaw, J. Polo and A.J. Moeser. 2015. Early-life dietary spray-dried plasma influences immunological and intestinal injury response to later-life *Salmonella typhimurium* challenge. Brit. J. Nutr. 113(5):783-93. doi:10.1017/S00071145140422X.

Campbell, J. M., J. D. Crenshaw, and J. Polo. 2013. The biological stress of early weaned piglets. J. Anim. Sci. Biotechnol. 4:19-22. doi:10.1186/2049-1891-4-19.

Campbell, J., T. Donovan, D. Boyd, L. Russell, and J. Crenshaw. 2006. Use of statistical process control analysis to evaluate the effects of spray-dried plasma in gestation and lactation feed on sow productivity in a PRRS-unstable farm. Amer. Assoc. Swine Vet. p 139-142.

Crenshaw, J. D, R. D. Boyd, J. M. Campbell, L. E. Russell, R. L. Moser, and M. E. Wilson. 2007. Lactation feed disappearance and wean to estrus interval for sows fed spray-dried plasma. J. Anim. Sci. 85:3442-3453.



- Crenshaw, J. D., J. M. Campbell, J. Polo, and L. Rangel. 2013. Functional proteins of animal origin and their effects on performance and immunology of pigs and chickens. CBNA, Campinas, Brazil. October 23-24, 2013.
- Crenshaw, J., J. Campbell, and J. Polo. 2017a. Biosecurity controls for the industrial manufacturing of spray-dried plasma. Proc. 48th Ann. Meeting Amer. Assoc. Swine Vet. Denver, CO. February 25-28, 2017. Session #2: Industrial Partners; p 104-106.
- Crenshaw, J.D., J. M. Campbell, J. Polo, and H. H. Stein. 2017b. Effects of specialty proteins as alternatives to bovine or porcine spray-dried plasma in non-medicated diets fed to weaned pigs housed in an unsanitary environment. *Transl. Anim. Sci.* 2017.1:1-10 doi:10.2527/tas2017.0040.
- Crenshaw, J. D., J. M. Campbell, J. Polo, and D. Bussi eres. 2017c. Effects of a nursery feed regimen with spray-dried bovine plasma on performance and mortality of weaned pigs positive for porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *J. Swine Health Prod.* 25(1):10-18.
- Lall es, J. P., P. Bosi, P. Janczyk, S. J. Koopmans, and D. Torrallardona. 2009. Impact of bioactive substances on the gastrointestinal tract and performance of weaned piglets: a review. *Animal.* 3:1625-1643.
- Maij o, M. L. Mir o, J. Polo, J. Campbell, L. Russell, J. Crenshaw, E. Weaver, M. Moret o, and A. P erez-Bosque. 2011. Dietary plasma proteins attenuate the innate immunity response in a mouse model of acute lung injury. *Brit. J Nutr.* 107:1-9. doi:10.1017/S007114511003655.
- Maij o, M. L. Mir o, J. Polo, J. Campbell, L. Russell, J. Crenshaw, E. Weaver, M. Moret o, and A. P erez-Bosque. 2012. Dietary plasma proteins modulate the adaptive immune response in mice with acute lung inflammation. *J Nutr.* 142:264-270.
- Messier, S., C. Gagne-Fortin, and J. Crenshaw. 2007. Dietary spray-dried porcine plasma reduces mortality attributed to porcine circovirus associated disease syndrome. *Proc. Amer. Assoc. Swine Vet.* p 147-150.
- Mor es, N., A. L. Amaral, J. R. C. Zanella, A. Coldebella, L. C. Bordin, S. Oliveira, D. Gava, and L. F. S. Rangel. 2007. Uso do plasma su no ultrafiltrado na reupera  o de circovirose. *Arq. Braz. Med. Vet. Zootec.* 59(5):1124-1131.
- Moret o, M., and A. P erez-Bosque. 2009. Dietary plasma proteins, the intestinal immune system, and the barrier functions of the intestinal mucosa. *J. Anim. Sci.* 87(E. Suppl.):E92-E100.
- Peace, R. M., J. Campbell, J. Polo, J. Crenshaw, L. Russell, and A. Moeser. 2011. Spray-dried porcine plasma influences intestinal barrier function, inflammation and diarrhea in weaned pigs. *J. Nutr.* 141:1312-1317.
- P erez-Bosque, A., J. Polo, and D. Torrallardona. 2016. Spray dried plasma as an alternative to antibiotic in piglet feeds, mode of action and biosafety. *Porcine Health Management.* 2:16. doi:10.1186/s40813-016-0034-1.
- Pettigrew, J. E. 2007. Feed ingredients that improve health. *Proc. Allen D. Leman Swine Conf.* St. Paul, MN. p 79-81.
- Pujols, J., J. Segal es, J. Polo, C. Rodr iguez, J. Campbell and J. Crenshaw. 2016. Influence of spray dried porcine plasma in starter diets associated with a conventional vaccination program on wean to finish performance. *Porcine Health Management* 2:4. doi:10.1186/s40813-016-0021-6.
- Song, M., Y. Liu, J.J. Lee, T.M. Che, J.A. Soares-Almeida, J.L. Chun, J.M. Campbell, J. Polo, J.D. Crenshaw, S.W. Seo and J.E. Pettigrew. 2015. Spray-dried plasma attenuates inflammation and improves pregnancy rate of mated female mice. *J. Anim. Sci.* 93:298-305.
- Torrallardona, D. 2010. Spray dried animal plasma as an alternative to antibiotics in weanling pigs – A review. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 23:131-148.



DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS ENTÉRICAS: COMO AS ANÁLISES LABORATORIAIS PODEM CONTRIBUIR COM AS AÇÕES DE CAMPO

Roberto M. C. Guedes

Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias. Escola de Veterinária da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG. 30.270-901, guedesufmg@gmail.com

Introdução

A questão é direta e relevante. Como as análises laboratoriais podem contribuir com as ações de campo? Nossa intenção nesse manuscrito é tentar responder este questionamento utilizando exemplos reais da rotina de atendimento a clientes a campo. Vale ressaltar que a estratégia ideal seria a disponibilidade de testes a campo, que permitissem a confirmação de suspeitas clínicas e, conseqüentemente, orientassem de forma definitiva as medidas a serem adotadas. Entretanto, nesse momento, essa alternativa inexistente. Resta ao veterinário a tomada de decisões baseada em sua experiência e aguardar os resultados das medidas tomadas no rebanho e a confirmação das suspeitas baseado nos resultados laboratoriais das amostras coletadas. Importante dizer que a experiência acumulada do veterinário está, em parte, relacionada à taxa de sucesso da conduta recomendada, mas, principalmente, associada a confirmação laboratorial do diagnóstico clínico. Ou seja, ao longo do tempo vão sendo acumuladas experiências de associação de apresentação clínica, confirmação laboratorial e sucesso nas medidas adotadas. Conseqüentemente, o suporte dos resultados laboratoriais, quando tratados de forma profissional e abrangente, melhoram significativamente a qualidade do serviço prestado pelo médico veterinário.

Exemplos práticos

Acredito ser a diarreia neonatal um exemplo típico do empirismo adotado rotineiramente no enfrentamento de problemas recorrentes no rebanho. É claro que nos últimos 10 anos temos visto uma melhora significativa nas condutas adotadas, mas com alguma frequência ainda nos deparamos com o recebimento de suabes retais coletados de meia dúzia de leitões diarreicos, solicitando bacteriologia e antibiograma para *Escherichia coli*. É justo acreditar que colibacilose continua sendo uma enfermidade relevantes em leitões neonatos, entretanto, já está mais do que demonstrado que *Clostridium difficile* e Rotavírus A ou B ou C estão frequentemente associados à problemas entéricos em leitões na primeira semana de vida. Ou seja, acreditar que suabes retais resolverão o problema é minimizar ao extremo as possibilidades diagnósticas.

Dando um passo atrás, mesmo com o isolamento de colônias puras de *E. coli* de leitões de poucos dias de vida e a identificação de que se tratam de cepas Beta hemolíticas, isso não é suficiente para uma conclusão diagnóstica. Ou seja, é sempre necessária a tipificação e demonstração de fatores de virulência dessas cepas, caracterizados pela presença de fímbrias e genes de toxinas.



Quais as consequências práticas que podem resultar do diagnóstico errado de colibacilose baseado somente em bacteriologia de aeróbios? Seria o uso de medicação preventiva em leitões recém-nascidos, baseado no antibiograma dessas cepas de *E. coli* não tipificadas, potencialmente a troca de vacina em matrizes gestantes pensando que a vacina antiga não estivesse protegendo contra a cepa circulante no rebanho, ou até mesmo a elaboração de vacinas autógenas usando a cepa recentemente isolada do rebanho. Qual seria o resultado dessas medidas? Nenhum, pois o problema poderia estar relacionado ao uso já corrente de antimicrobiano que poderia estar predispondo uma disbacteriose e transtornos relacionados a infecção por *C. difficile*. Ou mesmo uma associação com Rotavirus, tipos A ou B ou C, já demonstrados como circulantes em rebanhos brasileiros e presentes entre 9 e 15% dos surtos de diarreia neonatal. Não seria necessário mencionar que o uso inadequado e preventivo de antimicrobiano estaria favorecendo o desenvolvimento de resistência bacteriana, além do custo adicional do produto.

Acredito que o ponto mais relevante a ser considerado nesse cenário, é que a confirmação laboratorial, quando bem realizada proporcionará economia e melhoria dos resultados nas granjas. Nesse sentido, o investimento no diagnóstico e adequada interpretação deve basear-se na submissão de amostras representativas que permitam uma avaliação abrangente de todos os possíveis agentes potencialmente causadores de enfermidades neonatais em leitões. Deve ser lembrado que a avaliação histopatológica é a técnica mais abrangente para se direcionar ou até definir o diagnóstico, desde que a obtenção e preservação das amostras seja executada de forma adequada. A fixação dos intestinos após o óbito não deve tardar mais que 10 minutos, com o risco da avaliação microscópica ficar prejudicada ou mesmo inviabilizada. Os processos autolíticos e putrefativos instalam-se muito precocemente no intestino e, por isso, a necessidade de interrupção dos mesmos realizando a fixação dos fragmentos intestinais rapidamente após a eutanásia é de extrema relevância. Assim sendo, ou envie leitões vivos ao laboratório, ou colete amostras frescas e fixadas de intestino, logo após a eutanásia de animais selecionados especificamente para fins diagnósticos.

Finalizando esse primeiro exemplo, as avaliações laboratoriais não devem ser baseadas em somente um teste, e sim em uma associação de testes considerando sempre os aspectos clínicos envolvidos, as lesões histológicas e os testes para diferentes enteropatógenos prevalentes em leitões no Brasil.

Um segundo exemplo a ser mencionado seria o quadro de diarreia em animais de recria e terminação. Particularmente em casos onde a apresentação clínica é de diarreia com sangue e aumento da mortalidade. A definição laboratorial do agente causador nesses casos é mister. Tratando-se de enfermidade associada a infecção por *Lawsonia intracellularis*, medidas deverão ser tomadas no sentido de estimular o sistema imune de lotes subsequentes especificamente contra esse agente, seja pela exposição controlada utilizando janelas entre pulsos de medicação, seja pela utilização de vacina. Já em casos onde o agente causal for *Brachyspira hyodysenteriae*, a conduta é minimizar a pressão de infecção no rebanho através de medicação dos animais com elevadas doses terapêuticas, limpeza e higiene de instalações para redução de matéria orgânica (fezes) e controle de roedores (vetores biológicos). Ou seja, as condutas mitigatórias são completamente diferentes. Importante considerar que ambas enfermidades podem gerar perdas econômicas muito significativas relacionadas a mortalidade de animais e custo com medicação. Ou seja, a



submissão de amostras para o laboratório é essencial para definição do agente causador e adoção de medidas corretas para o controle do problema.

Novamente, a submissão de amostras frescas e fixadas em formalina é essencial para permitir a aplicação de diferentes testes diagnósticos, associando o aspecto histológico das lesões com a detecção do agente causador, seja pela imunohistoquímica e/ou PCR no caso de *L. intracellularis*, seja pelo isolamento bacteriano e/ou PCR no caso de *B. hyodysenteriae*.

Um terceiro e último exemplo a ser citado seria em quadros de diarreia pastosa acinzentada particularmente após o alojamento de animais na recria, associado a diminuição no ganho de peso dos animais, mas sem aumento significativo na mortalidade. Esse cenário é muito comum em rebanhos comerciais. Quais agentes poderiam estar envolvidos? Apesar da crença e grande receio de que poderia estar relacionado a quadros de colibacilose, essa possibilidade deveria ser interpretada como exceção e não regra. Os três principais agentes que poderiam estar envolvidos, isoladamente ou em associação, seriam *L. intracellularis*, *Salmonella enterica* sorovar Typhimurium e/ou *Brachyspira pilosicoli*. As condutas terapêuticas medicamentosas em casos de enteropatia proliferativa (ileíte) e espiroquetose colônica são semelhantes, mas totalmente diferentes quando comparadas à Salmonelose enterocolítica. Enquanto pleuromutilinas e macrolídeos seriam boas opções para as duas primeiras, quinolonas são as drogas de eleição para a última. Dessa forma, a definição do agente causal através de exames laboratoriais é fundamental para adoção da correta conduta terapêutica e preventiva.

No caso de *Salmonella*, por ser o suíno frequente carreador da bactéria, sua identificação por isolamento em amostras de fezes, após utilização de meios de enriquecimento, não define esse agente como causador definitivo da diarreia, caso somente esse método diagnóstico seja adotado. Ou seja, uma vez mais, uma avaliação completa associando lesões macro e microscópicas e testes para detecção dos agentes, baseados em PCR e isolamento bacteriano seria a conduta mais indicada.

Considerações final

Concluindo, a associação entre as características clínico patológicas, que se apresentam em casos entéricos em diferentes faixas etárias em granjas comerciais, com os achados laboratoriais se fazem necessários para que as atividades técnicas exercidas a campo sejam embasadas em confirmações diagnósticas, mesmo que as condutas clínicas inicialmente surtam efeito. No mínimo, o sucesso da medida adotada será compreendido com base nos resultados obtidos no laboratório.



THE ROLE OF ORGANIC ACIDS AND ESSENTIAL OILS IN THE MAINTENANCE OF INTESTINAL INTEGRITY

Chad H. Stahl¹, Ester Grill² and Andrea Piva²

¹*Department of Animal and Avian Sciences, University of Maryland, College Park, MD, USA*

²*Vetagro SpA - Via Ignazio Porro, 2, 42124 Reggio nell'Emilia RE, Italy*

Introduction

The gastrointestinal (GI) tract is the major supply organ of the body and provides the largest exposed surface area of the animal to the outside world. This requires that the GI system be able to efficiently digest and absorb nutrients, water, and electrolytes while at the same time acting as a highly selective barrier to exclude bacteria, toxins and antigens in order to prevent an overwhelming immune activation and potentially sepsis. In order to perform these conflicting functions, the GI system is equipped with multiple layers of sophisticated barrier mechanisms. We feel that this barrier function is central to maintaining animal health and performance and that maintenance of this barrier function is exceptionally important in the young animal.

Barrier function of the GI epithelium

The GI epithelial barrier (IEB) is composed of a single layer of epithelial cells that line the GI tract. The GI epithelium is in continual direct contact with harsh luminal conditions and serves as the first line of defense. Several extrinsic and intrinsic mechanisms of defense are provided by the GI epithelium. One of the most critical mechanisms is the establishment of a permeability barrier which is regulated predominantly by the tight junctions (TJs), which are a cluster of intracellular and membrane proteins (e.g., zonula occludens, occludin, and claudins). Tight junction proteins regulate the ion selectivity and the pore size, or leakiness of the GI epithelium while also playing an essential role in establishing polarity for compartmentalization of apical and basolateral transporter and receptor function. The polarization provided is important to maintain the apical Na^+ gradients needed to efficiently drive nutrient absorption (glucose, amino acids) and water transport. While a tight or resistant epithelium is critical, a physiological degree of paracellular and transcellular permeability is required for normal gut function. Some normal physiological examples of increases in intestinal permeability include: Na^+ /glucose transport-mediated permeability which is required for nutrient and water absorption, and the transcellular endocytosis processes which are important for antigen sampling and presentation to the immune system, necessary for immune development. In addition to the regulation of permeability, the IEB is also supported by specialized secretory cells and function including goblet cells which provide protective mucous and Paneth cells which secrete antimicrobial peptides. Intestinal epithelial cells provide buffering and pH regulation through the secretion of Cl^- and HCO_3^- , performed largely by the cells in the crypts, but also by surface epithelial cells. These are also important in defense as it is responsible for driving fluid secretion to flush out pathogens during a challenge. Enteroendocrine cells play important roles in pathogen sensing and produce neuropeptides such as serotonin and PYY which have a diverse range of physiologic functions. The intestinal epithelium can also serve as immune sentinel cells by secre-



ting cytokines and other immune factors (e.g., IL17A, IL33, TGF β , etc.) that have important immunomodulatory properties.

Weaning stress and GI barrier

In nature, weaning occurs as a gradual process in pigs that approaches completion at around 10-12 weeks of age. This timeline coincides with the near complete maturation of the GI barrier function described above. However, in commercial pig production, weaning is abrupt occurring between 2.5 to 4 weeks of age. While maternal separation is a major stressor to the weaned pig, additional psycho-social and immunological stressors, compound the stress load during this time, including transportation, mixing, fighting and establishment of a new social hierarchy, vaccination, etc. The timing of commercial weaning coincides with a period of declining passive immunity from sow milk contributing an additional challenge to the pig. Early weaned pigs are obviously able to survive and overcome the stress of weaning; however, it is important to recognize that in contrast to natural weaning, early weaning stress occurs during the critical window of GI barrier development when both epithelial and immune development are not fully competent and therefore can have long-lasting consequences. Previously, it had been common to include antibiotics in the diets of newly weaned pigs in an attempt to reduce some of the stress that occurs around weaning. However, with increasing concerns over the use of antibiotics in animal agriculture, alternatives that could help maintain GI tract integrity received greater attention.

The use of organic acids and essential oils in swine production

Organic acids

Organic acids (OA) are defined as any organic carboxylic acid, with a general structure of R-COOH. For feed preservation, formic and propionic acids have been shown to be very effective, and together with others (e.g. lactic, fumaric, benzoic, citric, and sorbic) and their salts (e.g. calcium formate, calcium propionate, potassium diformate) are widely used in the European Union (FEFANA, 2014). The use of OA is largely related to their anti-microbial properties against microorganisms and the beneficial effects that this triggers. The anti-microbial mode of action of OA might be explained by the "anion model" and more specifically by the protons (H⁺ ions) and anions (RCOO⁻ ions) into which OA are divided after entering the bacterial cell and which have a disruptive effect on bacterial protein synthesis. OA, as weak acids, can diffuse across the bacterial cell membrane in the uncharged, protonated form and dissociate inside the cell, lowering internal pH (pHi). The lower the external pH, the more undissociated weak acid will be available (based upon pKa values) to cross the membrane and affect pHi. To overcome the lowering of pHi, several amino acid decarboxylases are induced; they elevate the pHi by consuming protons during decarboxylation and then they exchange the decarboxylation end-product for a new substrate via a membrane-bound antiporter, finally consuming energy and impairing bacterial protein synthesis (Bearson et al., 1997). Furthermore, anions seem to have the ability to accumulate intracellularly depending on pHi and disrupt metabolic



processes of the cell such as RNA and DNA synthesis (Russell and Diez-Gonzalez, 1998).

The anti-microbial activity can vary among different OA and it has been shown to be dependent on some properties such as the presence of polar groups, the number of double bonds, the molecular size, and the solubility in non-polar solvents (Hsiao and Siebert, 1999). Gram negative bacteria such as *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Campylobacter* have been widely shown to be sensitive to the anti-microbial action of either individual OA or combinations of OA (Grilli and Piva, 2012). Molds, which are eukaryotic cells with a more complex wall structure, are more sensitive to propionic acid, due to its lipophilic nature. In general, considering the varying sensitivity of the different classes of microorganisms toward different organic acids, blends of OA and their salts are effective against a wider range of microbes than single acids.

Effects on growth performance

The efficacy of some individual organic acid or their salts appears to enhance the growth and feed to gain ratio of weaned and growing-finishing pigs, although there is a relatively large variation in responses due to different factors such as type and doses of supplemented OA, type of diet and buffering capacity, hygiene and welfare standards (density per pen, ventilation intensity and area, cleaning frequency etc. (Mroz, 2003). Furthermore, the magnitude of growth response is usually investigated in relation to age: with the greatest improvement in performance seen just after weaning and with the magnitude of the effect diminishing as the pigs age. The meta-analysis results showed that average improvements of growth rate were 12.25% and 6.03% for 0-2 and 0-4 weeks post-weaning, respectively. Similarly, addition of acids to diets improved, though to a lesser degree, the performance of growing (3.51%) and finishing pigs (2.69%) (Tung and Pettigrew, 2006). All the available literature suggests that acidifier effects on growth performance is consistent, occurring across a wide range of variation. More generally, under stressful or disease challenge conditions, acidifiers seem to be a useful tool to overcome negative impact such as increased diarrhea and high mortality. A more recent statistical approach is the “holo-analysis” which makes use of as much of the literature as possible to provide a predictive model and so is less restricted to the experimental parameters, such as housing, feed components, acidifier dose, etc. (Mellor, 2008). Using a holo-analytical model, using data from 484 publications, demonstrated that using OA in pig diets improves the productivity parameters of greatest importance to economic success such as feed intake (+1.2%), weight gain (+5.5%), and feed conversion ratio (+3.7%) (Rosen, 2008). The higher improvement in weight gain and feed efficiency than in feed intake further supports the ability of OA to improve the feed digestibility and utilization.

Use of protected vs free OA

In the last decade, the use of OA “protected” using different coating and microencapsulation techniques has become more common. In addition to various technological advantages, microencapsulation of OA allows for intact OA to be delivered to later portions of the GI tract. Lipid microencapsulation of OA has been shown to allow the slow release of OA along the small and large intestine of pig (Piva et al., 2007). With lipid microencapsulation, OA included in the diet can reach the later portions of



the GI tract where both total number and diversity of microorganisms is the greatest. It is also possible for these microencapsulated OA to serve as a good energy source for the intestinal cells (Dibner and Buttin, 2002). So while free OA are directed to the stomach where they can reduce the pH and improve protein digestibility, protected OA work further in the GI tract by affecting microflora and feeding the mucosa.

Essential Oils

Essential oils (EO), also referred to as botanicals, do not have as long a history of use in animal feed as organic acids, but they are among the most studied alternatives to antibiotic growth promoters (AGP). They are plant-derived products used to improve performance of livestock, and have been garnering increasing interest from the animal production communities. The term “essential oil” refers to the volatile lipophilic constituents extracted by several parts of plants (i.e., flowers, seeds, leaves, roots), so this extract is a blend of various compounds (Amorati et al., 2013). According to the plant chosen, one or more compounds are dominant but there are numerous different active compounds and the percentages found are variable. For example, thyme extract contains thymol, carvacrol, p-cymene, γ -terpinene, and many others. Concentrations of thymol, for example, can vary between 30 to 55% (percentages from Peter, 2012). A common difficulty with research involving essential oils is that the content of active substances within a certain oil may vary widely, depending on the plant part used, harvesting season, and geographical origin (Windish et al., 2008) and some isolates are fractionally distilled and could have a small amount of impurities associated with them (Furia, 1980). For these reasons, pure botanicals or phytogenics, also called nature identical compounds (NIC), are also used in animal nutrition since they allow the standardization of feeding recommendations for commercial purposes. NIC are chemically defined substances that constitute a plant EO, so they are produced synthetically but are chemically identical to their natural counterparts. As the percentage of biochemical actives in a given EO may vary substantially, along with the level of impurities, the inclusion of a single herb or its extracted EO in the feed may not always have comparable effects on animal performance whereas the use of NIC can avoid this variability (Brenes and Roura, 2010).

The increasing interest in the use of EO in animal feed is due to benefits on growth performance (Zeng et al., 2015). Originally, the improvement in growth performance with dietary inclusion of EO was attributed to their anti-microbial activity. It is believed that plants produce the compounds as self-defense mechanisms against bacteria, viruses and fungi (Bento et al., 2013). Their anti-microbial activity is due, at least in part, to their lipophilic nature. The EO integrate into bacterial membranes disturbing membrane fluidity and the overall permeability of the bacterial cells (Ultee et al., 2002). Additionally, many EO also act as antioxidants. When included in the diet, this antioxidant capability could reduce inflammation in the intestinal epithelium. Essential oils have been shown to manipulate the transcriptional factor nuclear factor kappa B (NF- κ B), which plays an important role in the inflammatory process, providing an oxidative stress defense and suppressing inflammation (Miguel et al., 2010). By manipulating NF- κ B pathway they can modulate animal immune response through different pathways to enhance animal health and eventually lead to the improvement of growth performance. There is also growing evidence that botanicals play a role through the chemosensory system, that is a complex interplay between



enteroendocrine cells and the nervous system that affect a variety of gastrointestinal functions (Torrallardona and Roura, 2009). Botanicals bind specific receptors that are expressed throughout the whole digestive tract and play several roles for example in taste, chemo-sensation, mechanosensation, and control of motility by neurons (Xu et al., 2006).

The efficacy of botanicals is limited by their highly volatile nature with the risk of losses during processing or prolonged storage time of feed (Bakry et al., 2016) and by the fact that these compounds are rapidly absorbed and degraded within the stomach and the small intestine. The kinetics of absorption of 4 essential oils (carvacrol, thymol, eugenol, and trans-cinnamaldehyde) was studied in pigs and it was clear that they rapidly disappeared in the stomach and were absent in the intestinal content (Michiels et al., 2008). To overcome all of these problems (stability, palatability, and loss of efficacy), as already discussed for OA, microencapsulation can be a solution.

Synergy between organic acids and essential oils

As shown in the previous paragraphs, there is evidence that both OA and botanicals can exert anti-microbial properties in pigs via different mechanisms. Particularly, the antimicrobial activity of OA and botanicals can be enhanced by combining them together. In a series of works, our research group showed a marked efficacy of OA and botanicals, when used together, *in vitro* against *Salmonella* and *Campylobacter*: experiments conducted to test the antimicrobial activity of OA and botanicals through the minimal inhibitory concentration method revealed that OA, when combined with botanicals, such as monoterpenes, were more effective against *S.typhimurium* or *C.jejuni* than when tested alone, strongly supporting a synergistic action of OA and botanicals (Grilli and Piva, 2012; Grilli et al., 2013). The mechanism of action proposed at the basis of the synergy between OA and botanicals involves the permeabilizing effect of botanical aromatic compounds that, altering the bacterial membrane, would eventually facilitate the OA entrance and therefore the anti-microbial action (Grilli and Piva, 2012).

Intestinal health enhancement

Improving intestinal health is important over the entire lifecycle, however particular attention should be paid to maintaining intestinal integrity early in life when both the intestinal epithelium and the immune system are not fully developed. Improvements in intestinal barrier function and reductions in inflammation during this life stage can result in substantial lifetime improvements in feed efficiency. Our research group has studied the effect of a blend of OA and pure EO on intestinal integrity in pigs and poultry. Both *in vivo* and *in vitro* these combinations have been able to substantially improve intestinal barrier function. Using Caco-2 cells, an *in vitro* model of intestinal epithelium, we have been able to focus our attention directly on the mucosa without the mediation of the microflora. In this model system, the combination of OA and pure EO were able to improve the barrier integrity of the intestinal cells, as demonstrated by a higher trans-epithelial resistance (TER) and a lower para-cellular permeability (FD4 flux). In this study the same blend of OA + pure EO, microencapsulated in a lipid matrix, was fed *in vivo* to early (18d) weaned piglets for 2 weeks and the effects on the integrity of the mucosa were evaluated. Pigs fed with the blend



showed a decrease in local and systemic inflammatory pressure and improved barrier functionality in jejunal and ileal tissues, measured by the in Ussing chamber analysis (higher TER, reduced intermittent short-circuit current [ISC] and paracellular permeability). These positive effects on the inflammatory status and the barrier integrity were translated in improved performance of the piglets (Grilli et al., 2015)

Conclusions

In conclusion, organic acids and essential oils are reported to have multiple positive actions on intestinal health and these effects are emphasized by the synergism between these compounds. Lipid microencapsulation can improve this synergy allowing the slow-release of organic acids and essential oils along the intestine and the exertion of their power such as the modulation of the microflora, the reduction of the inflammatory stress and the improvement of the barrier functionality, all leading to better growth performance of the animals.

Amorati R., Foti. M.C., and L. Valgimigli (2013). Antioxidant Activity of Essential Oils. *J. Agric. Food Chem*, 61, 10835-10847.

Bakry A.M., Abbas S., Ali B., Majeed H., Abouelwafa M.Y., Mousa A., and L. Liang. (2016). Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15.

Bento M.H.L., Ouwehand A.C., Tiihonen K., Lahtinen S, Nurminen P., Saarinen M.T., Schulze H., Mygind T., and T. Fischer (2013). Essential oils and their use in animal feeds for monogastric animals – Effects on feed quality, gut microbiota, growth performance and food safety: a review *Veterinari Medicina*, 58 (9): 449-458.

Bearson S., Bearson B. and J.W. Foster (1997). Acid stress responses in enterobacteria. *FEMS Microbiol. Lett.* 147:173-180.

Brenes A., and E. Roura (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Anim Feed Sci Technol*, 158: 1-14.

Dibner J.J., and P. Buttin (2002). Use of organic acid as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *J. Appl. Poult. Res.* 11:453-463.

FEFANA (2014). Organic acids in animal nutrition. (Available from: www.fefana.org).

Franz C., Baser K.H.C., and W. Windisch (2010). Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. *Flavour Fragr. J.*, 25: 327–340.

Furia T.E. (1980). *CRC Handbook of Food Additives*, Second Edition, Volume 2.

Grilli E. and A. Piva (2012). Organic acids and their role in reduce foodborne pathogens in food animals. In: *On-Farm Strategies to Control Foodborne Pathogens*. Editors: T.R. Callaway & T.S. Edrington, pp 183-210.

Grilli E., Vitari F., Domeneghini C., Palmonari A., Tosi G., Fantinati P., Massi P., and A. Piva (2013). Development of a feed additive to reduce caecal *Campylobacter jejuni* in broilers at slaughter age: from in vitro to in vivo, a proof of concept. *J Appl Microbiol.* 114:308-317.



- Grilli E., Tugnoli B., Passey J.L., Stahl C.H., Piva A., and A.J. Moeser (2015). Impact of dietary organic acids and botanicals on intestinal integrity and inflammation in weaned pigs. *BMC Vet Res.* 11:96.
- Hsiao, C. P. and K.J. Siebert (1999). Modeling the inhibitory effects of organic acids on bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 47, 189-201.
- Kumar M., Kumar V., Roy D., Kushwaha R., and S. Vaiswani (2014). Application of herbal feed additives in animal nutrition - a review. *Int J Livest Res* 4(9):1e8.
- Mellor S. (2008). Holoanalysis - information in action for organic acids. *Feed Compounder* August, 21-23.
- Michiels J., Missotten J., Dierick N., Fremaut D., Maene P., and S. De Smet (2008). In vitro degradation and in vivo passage kinetics of carvacrol, thymol, eugenol and trans-cinnamaldehyde along the gastrointestinal tract of piglets. *J. Sci. Food Agric.*, 88: 2371–2381.
- Miguel M.G. (2010). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Essential Oils: A Short Review. *Molecules*, 15, 9252-9287.
- Mroz Z. (2003). organic acids of various origin and physical chemical forms as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. *Proceedings from the 9th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*, Banff, Canada. 1:267-293.
- Peter K.V. (2012). *Handbook of herbs and spices - Vol.2, second Ed.*, Woodhead Publishing 2012.
- Piva A., Pizzamiglio V., Morlacchini M., Tedeschi M., and G. Piva (2007). Lipid microencapsulation allows slow release of organic acids and natural identical flavors along the swine intestine. *J. Anim. Sci.* 85: 486-493.
- Rosen G.D. (2008). Holo-analysis of the efficacy of acids as pronutrients in pig nutrition. *Abstracts of the British Society of Animal Science*, Poster presentation 085.
- Russell J.B. and F. Diez-Gonzalez (1998). The effects of fermentation acids on bacterial growth. *Adv. Microb. Physiol.* 39: 205-234.
- Torrallardona and Roura (2009). *Voluntary feed intake in pigs*. Wageningen Academic Pub 2009, Chapter 6.
- Tung C.M. and J.E. Pettigrew (2006). *Critical review of acidifiers*. Project funded by America's Checkoff Program.
- Ultee A., Bennik M. H. J., and R. Moezelaar (2002). The Phenolic Hydroxyl Group of Carvacrol Is Essential for Action against the Food-Borne Pathogen *Bacillus cereus*. *Appl Environ Microbiol.* 68(4): 1561-1568.
- Windisch W., K. Schedle, C. Plitzner, and A. Kroismayr (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *J Anim Sci*, 86: E140-E148.
- Xu H., Delling M., Jun J.C., and D.E. Clapham (2006). Oregano, thyme and clove-derived flavors and skin sensitizers activate specific TRP channels. *Nature neuroscience*, 9: 628-635.
- Zeng Z., Zhang S., Wang H., and X. Piao (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *J Anim Sci Biotechnol*, 24;6(1):7



SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DE USO DE ADITIVOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO: VISÃO DA AGROINDÚSTRIA

Augusto Heck

*Médico Veterinário, MSc.
Especialista Corporativo em Sanidade de Suínos da BRF S/A
Curitiba, PR - Brasil
augusto.heck@brf-br.com*

Introdução

Os aditivos promotores de crescimento foram especialidades farmacológicas descobertas a várias décadas e que impulsionaram positivamente as atividades agropecuárias, em especial a avicultura e suinocultura, pelos ganhos zootécnicos que imprimiram, notadamente no ganho de peso, conversão alimentar e até na mortalidade. A maioria desses produtos tem na sua forma de atuação uma atividade antimicrobiana e vários deles poderiam ser inclusive antibióticos de uso terapêutico apenas praticando um aumento da sua dose de aplicação. Mais recentemente a comunidade científica tem sido provocada a refletir se, além do uso na medicina humana, esse uso maciço não poderia estar provocando a facilitação da ocorrência de resistência das bactérias aos antimicrobianos existentes, em especial àqueles de uso compartilhado. O objetivo do presente artigo é compartilhar o posicionamento técnico de uma parte representativa da suinocultura brasileira no tocante a situação atual do uso de aditivos promotores de crescimento, bem como suas perspectivas.

Senso comum

Existe um grande confundimento entre os consumidores ditos leigos quanto aos termos promotor de crescimento e hormônio. A pouca familiaridade com os sistemas criatório e as poucas informações existentes e desconstruídas fazem com que uma mítica importante seja construída sobre esse tema.

Uma das origens disso poderia estar associada aos tempos de colégio quando se aprendia e se aprende ainda a respeito do hormônio Somatotrofina, também conhecido como o hormônio do crescimento, encarregado de promover o crescimento e a reprodução celulares no homem e nos animais e que é produzido naturalmente pela glândula hipófise. Esse pode ter sido o primeiro vínculo de crescimento e hormônio implantado de forma inconsciente em nossas cabeças.

Outro componente que talvez possa afetar essa percepção do senso comum é a associação da utilização real de hormônios esteroides anabolizantes ou hormônios sexuais masculinos injetáveis para acelerar notadamente a obtenção de massa muscular magra por parte de atletas de distintas modalidades esportivas utilizando-se de aplicações injetáveis dos mesmos, associadas com dietas ricas em ingredientes proteicos, feitas de forma clandestina, ilegal e apresentando grandes riscos à saúde dos praticantes.



Para perturbar ainda mais essa confusão existe a ampla divulgação dos ganhos zootécnicos capturados com as décadas de melhoramento genético e aceleradas por tecnologias da reprodução que, além de amplificaram a obtenção de descendentes dos melhores indivíduos para as características de interesse econômico, abreviaram em muito o ciclo para a obtenção dos animais destinados como fontes de proteína para consumo humano. Aves e suínos foram e são emblemáticos como referências nesses ganhos.

A concentração da população nos meios urbanos fez com que a familiarização com a forma de criação dos animais destinados para a alimentação fosse perdida. Existe ainda hoje por muitos a crença de que aves e suínos recebem hormônios em sua alimentação, o que do ponto de vista fisiológico não tem sentido, posto que não geraria o efeito dito esperado pois ao serem proteínas ou fragmentos dessas os hormônios seriam totalmente degradados pelas enzimas digestivas. Por outro lado, a aplicação injetável das referidas substâncias seria totalmente inviável, pela ausência de praticidade considerando, por exemplo, que a aplicação deveria ser individual e em vários momentos da vida, e que deveria ser feita em populações que remontam milhares ou milhões.

Definição legal

O Ministério da Agricultura declara na Instrução Normativa 13/2004 que aditivo é a substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano.

Ainda sob essa mesma Instrução Normativa 13/2004 classifica os aditivos em tecnológicos, sensoriais, nutricionais, zootécnicos ou anticoccidianos. O escopo da presente abordagem restringe-se a uma parcela dos aditivos ditos zootécnicos, que seriam todas as substâncias utilizadas para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais.

Dentro dos aditivos zootécnicos a referida instrução coloca uma subdivisão, a saber: digestivos (substância que facilita a digestão dos alimentos ingeridos, atuando sobre determinadas matérias-primas destinadas à fabricação de produtos para a alimentação animal; equilibradores da flora (microrganismos que formam colônias ou outras substâncias definidas quimicamente que têm um efeito positivo sobre a flora do trato digestório) e finalmente os melhoradores de desempenho (substâncias definidas quimicamente que melhoram os parâmetros de produtividade).

Aditivos zootécnicos melhoradores de desempenho disponíveis no Brasil

Os aditivos dessa natureza autorizados pelo Ministério da Agricultura são os seguintes: Avilamicina, Bacitracina de Zinco, Bacitracina Metileno Dissalicilato, Colistina, Enramicina, Flavomicina, Halquinol, Lasalocida, Lincomicina, Monensina, Narasina, Ractopamina, Salinomicina, Tiamulina, Tilosina e Virginiamicina (Portal MAPA, lista de 25 de abril de 2015, consultada em 29 de agosto de 2017).



Dessa lista os seguintes princípios-ativos possuem recomendação de uso para a suinocultura: Avilamicina, Bacitracina de Zinco, Bacitracina Metileno Dissalicilato, Colistina, Enramicina, Halquinol, Lincomicina, Ractopamina, Salinomicina, Tiamulina, Tilosina e Virginamicina (Compêndio de Produtos Veterinários do SINDAN, consultado em 29 de agosto de 2017).

Conforme a Instrução Normativa 26/2009 do Ministério Agricultura alguns princípios ativos como os anfenicóis, tetraciclina, beta lactâmicos (benzilpenicilina e cefalosporinas), quinolonas e sulfonamidas sistêmicas tem seu uso exclusivo para terapêutica, sendo, portanto, proibido o uso como aditivos zootécnicos melhoradores de desempenho.

Ractopamina

A Ractopamina é uma substância que pertence ao grupo dos agonistas beta-adrenérgicos e, no organismo dos animais, atua desviando os nutrientes da deposição de gordura para a produção de tecidos musculares, promovendo o crescimento e ajudando a reduzir os custos de produção (ALVES, P., 2012).

A Ractopamina não é um antibiótico, hormônio, esteroide ou provém de organismos geneticamente modificados. Até o presente momento não existem estudos científicos que comprovem malefícios ao ser humano, assim como não foi detectado nenhum caso de intoxicação humana pela mesma (ALVES, P., 2012).

Em julho de 2012 a Comissão Alimentar do Codex Alimentarius, órgão que estabelece padrões de qualidade nos alimentos internacionalmente concluiu, por pesquisas científicas realizadas pelo Comitê Conjunto de Especialistas sobre Aditivos Alimentícios da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) que o uso da ractopamina na produção animal não tem impacto na saúde dos consumidores, sendo a utilização dessa substância aprovada neste acordo internacional e seus limites de resíduos foram estipulados (ALVES, P., 2012).

Atualmente, a Ractopamina é proibida nos países da União Europeia, China e Rússia, importantes consumidores mundiais de proteínas animais e que sinalizaram no sentido da manutenção de suas proibições. O desrespeito a um acordo internacional pode ser uma justificativa para denúncias e disputas comerciais na Organização Mundial do Comércio (ALVES, P., 2012).

No Brasil a substância tem o uso autorizado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a suinocultura desde o ano de 2002 (ALVES, P., 2012).

Substâncias com atividade promotora e terapêutica

Colistina, Lincomicina, Tiamulina e Tilosina são especialidades que podem ter formulações em caráter terapêutico ou aditivo melhorador de desempenho para suínos. O que varia são as concentrações de princípio-ativo bem como as doses recomendadas e período de carência (Compêndio de Produtos Veterinários do SINDAN, consultado em 29 de agosto de 2017).

As formulações que contém aditivos promotores exigem que as fábricas que as manipulem possuam Boas Práticas de Produção. Já as formulações que contém o caráter terapêutico demandam uma permissão especial para sua manipulação junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, além de possuir o respaldo



de médicos-veterinários com as orientações de utilização via receituários, conforme a Instrução Normativa 65/ 2006 do Ministério Agricultura.

Argumentos zootécnicos favoráveis à utilização

Existem evidências consistentes que a utilização dos melhoradores de desempenho determina melhoras no ganho de peso diário e na conversão alimentar, oscilando entre 4 a 10% (CROMWELL, G., 1999).

Em estudos meta-analíticos conduzidos no Brasil buscando quantificar o impacto da retirada dos promotores de crescimento no desempenho dos suínos avaliando-se 67 artigos que perfizeram 90 experimentos envolvendo 40.592 suínos chegou-se à conclusão que houve a piora da Conversão Alimentar em 73% dos casos. Existiu a piora no ganho de peso também de 4,5% apesar de não ter ocorrido impactado no consumo de ração. A conversão alimentar foi impactada negativamente em 4% (SCHROEDER, B. et al.; 2016).

Sugere-se que os promotores de crescimento são muito mais efetivos em animais doentes ou aqueles alojados sob alta densidade e falta de higiene (PRESCOTT & BAGGOT, 1993).

Argumentos zootécnicos contrários à utilização

Boa parte dos estudos que apuraram os ganhos dos aditivos promotores de crescimento foram conduzidos a muitas décadas e aparentemente os ganhos atuais com seu uso estão diminuindo ou até nem existindo.

Experimentos foram conduzidos nos Estados Unidos para avaliar o efeito de diversos regimes de utilização de promotores de crescimento na ração para melhoria de ganho de peso e conversão alimentar em produções baseadas em múltiplos sítios. Nesse trabalho, abrangendo 24.099 animais em três sistemas de produção, foram realizados 10 experimentos. O experimento 1 comparou dois regimes de uso de antimicrobianos na terminação e os outros 9 experimentos avaliaram usar ou não usar promotores nas fases de creche e terminação. Não houve diferença entre os tratamentos do experimento 1. Houve diferença nos experimentos envolvendo a fase de creche apenas para ganho de peso diário. Não houve diferença no ganho de peso da terminação nem na conversão alimentar tanto na fase de creche quanto de terminação. Os autores concluem que a utilização de antimicrobianos na terminação via ração em sistemas de múltiplos sítios deve ficar limitada a abordagem terapêutica considerando casos de infecções bacterianas (DRITZ, S. et al.; 2002).

O problema da resistência aos antimicrobianos

A utilização de antimicrobianos na produção animal e o possível surgimento de bactérias resistentes é uma fonte de preocupação para a saúde humana por várias razões. Primeiro tais bactérias associadas aos animais podem ser patogênicas para os humanos. Podem ser facilmente transmitidas para os humanos via alimento obtido de animais de produção. Os dejetos desses animais podem espalhar tais bactérias no meio ambiente de uma forma mais ampla. Além disso, tudo, essas bactérias associadas aos animais teriam a capacidade de transmitir essa resistência para patógenos dos humanos (CHANG, Q. et al; 2015).



Vários trabalhos têm mostrado que a utilização rotineira de antimicrobianos em animais de produção acarretam o desenvolvimento de resistência nas bactérias comensais. Estudos envolvendo sete países da Comunidade Econômica Europeia encontraram uma correlação forte entre os níveis de antimicrobianos usados e a resistência de *Escherichia coli* comensais isoladas dos suínos, frangos e bovinos (CHANTZIARAS, I.; 2014).

O uso de doses baixas consideradas subterapêuticas em animais de produção resulta na seleção de populações de bactérias resistentes que colonizam as superfícies dos mesmos, seus intestinos e o ambiente criatório (AARESTRUP F. et al; 2008).

Investigações com base científica sugerem uma correlação forte entre o uso de antibióticos em animais de produção e o desenvolvimento de resistência por bactérias associadas aos mesmos. Houve a associação entre os tratamentos antimicrobianos e resistência aos mesmos em *Escherichia coli* fecal de suínos em 34 granjas de produção de ciclo completo em Ontario, Canadá (DUNLOP, R.H. et al.; 1998).

A introdução de antibióticos como promotores de crescimento ou para o tratamento de infecções específicas via ração pode provocar mudanças na microbiota intestinal das pessoas envolvidas resultando na emergência de cepas bacterianas resistentes (LEVY, S.B. et al; 1976).

Animais de produção e trabalhadores em contato com os mesmos em granjas que utilizam promotores de crescimento hospedam mais bactérias resistentes que os das granjas que não utilizam tais substâncias (MARSHALL, B. & LEVY, S.; 2011).

Bactérias resistentes a antibióticos associadas com animais de produção têm sido disseminadas via cadeia de produção de alimento e para o ambiente e nos trabalhadores desses estabelecimentos sendo então carreadores desses micro-organismos. Esse fato é relevante, pois dentre os agentes citados, tem-se a participação do *Staphylococcus aureus* resistente a Meticilina, associado a quadros infecciosos em ambientes hospitalares que podem resultar em morte e batizado como uma das superbactérias (VAN CLEEF, B.A. et al.; 2015).

A abordagem “One Health”

A Organização Mundial da Saúde, através da Organização Internacional de Epizootias, tem se preocupado de sobremaneira com a ocorrência de resistência bacteriana na medicina humana e na produção animal. Ela aponta que apenas com uma abordagem integrada envolvendo o homem, os animais e o meio-ambiente, batizada como “One Health”, poderemos ter sucesso na resolução desse problema (WHO, 2015).

O que a Europa fez em relação aos aditivos promotores de crescimento

Na comunidade econômica europeia em 2006 o uso de todos os antimicrobianos com o propósito de promoção de crescimento foi banido, acatando o princípio da precaução. Por outro lado, a utilização terapêutica continua permitido desde que o produto veterinário tenha sido aprovado pela Agência Europeia para Medicamentos para a espécie animal em questão (REGULATION EC 1831/ 2003).



O que os estados unidos fez em relação aos aditivos promotores de crescimento

A postura americana baseou-se em um princípio diametralmente antagônico ao da Comunidade Econômica Europeia. Trata-se do Princípio da Prova, no qual a parada da utilização de uma droga deve ser respaldada antes por uma coleta de dados que evidenciam o surgimento de resistência. Essa coleta de dados é gerida pelo National Antimicrobial Resistance Monitoring System em conjunto com o Food and Drug Administration, o Centro de Controle e Prevenção de Doenças e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (CARDOSO, M.; 2017).

Ações da Organização Mundial da Saúde

O plano de ação global da referida entidade prevê como metas melhorar o conhecimento sobre a resistência a antimicrobianos, aumentar o monitoramento da resistência a antimicrobianos, reduzir a incidência de infecções, otimizar o uso de antimicrobianos e ampliar os investimentos em novos antimicrobianos, ferramentas de diagnóstico, vacinas e outras intervenções alternativas (WHO, 2015).

A Organização Internacional de Epizootias, nesse plano de ação global, está coletando as informações sobre uso e circulação de antimicrobianos nos países membros e, com isso, criar uma base de dados para monitoramento. Ela recomenda a criação de uma legislação adequada sobre a utilização de antimicrobianos, uma boa governança dos sistemas de saúde animal, bem como a formação de veterinários capacitados (WHO, 2015).

Melhorias na gestão do uso de antimicrobianos em animais de produção, particularmente reduzindo aqueles criticamente importantes para a medicina humana, são passos relevantes para a preservação dos benefícios dos antimicrobianos para o ser humano. Nesse sentido a Organização Mundial da Saúde desenvolveu e aplicou um critério de classificação dos antimicrobianos de acordo com a importância relativa na medicina humana. Médicos, agências reguladoras, políticos e outras partes interessadas podem utilizar ela no desenvolvimento de estratégias de gestão de risco para o uso de antimicrobianos em animais de produção visando a preservação da efetividade dos princípios-ativos disponíveis no momento (WHO, 2017a).

Classificação dos antimicrobianos pela Organização Mundial da Saúde

A classificação dos antimicrobianos de acordo com a sua importância para a medicina humana é refeita periodicamente pela referida entidade. Sua primeira edição foi disponibilizada em 2005 e em 2017 já está na 5ª versão. Ela baseia-se numa classificação de três critérios e uma priorização em dois critérios. As substâncias podem ser enquadradas como criticamente importantes, altamente importantes ou importantes. Os criticamente importantes podem ter duas possibilidades de enquadramento, sendo de altíssima prioridade ou de alta prioridade (WHO, 2017b).

- **Criticamente importantes:** elevado número absoluto de pessoas ou alta proporção de uso em pacientes com infecções severas em instalações de saúde acometidas por doenças bacterianas nas quais a classe de antimicrobianos é a única ou uma das poucas alternativas para tratar infecções sérias no ser humano (WHO, 2017b). Os criticamente importantes podem ser subdivididos em de altíssima priori-



dade quando a classe antimicrobiana é a única ou uma das poucas terapias disponíveis para tratar sérias infecções bacterianas nas pessoas ou de **alta prioridade** quando a classe antimicrobiana é usada para tratar infecções em pessoas causadas ou por bactérias que podem ser transmitidas para humanos de fontes não humanas ou bactérias que possam adquirir genes de resistência de fontes não humanas (WHO, 2017b).

- **Altamente importantes:** alta frequência de uso da classe de antimicrobiano para qualquer indicação na medicina humana ou também alta proporção de uso em pacientes com sérias infecções em instalações de saúde, uma vez do que seu uso possa favorecer a seleção para resistência em ambas situações (WHO, 2017b).
- **Importantes:** a classe de antimicrobiano é usada para tratar infecções em pessoas nas quais há evidência de transmissão de bactérias resistentes ou genes de resistência de fontes não humanas (WHO, 2017b).

Como evitar o uso de antimicrobianos

Para não termos que adotar abordagens com antimicrobianos, sejam eles promotores de crescimento ou terapêuticos temos que zelar pela boa saúde dos rebanhos buscando a troca da prática curativa de caráter reativo pela prevenção, de caráter proativo. Essa cultura de prevenção pode ser obtida com a práticas da biosseguridade nas explorações suinícolas.

Entende-se por biosseguridade como um conjunto de fatores ou medidas cuja finalidade é impedir a entrada, multiplicação e disseminação de doenças nos rebanhos. Seu propósito é, portanto, preservar e/ou restaurar a saúde dos animais (MORES, N.; 2016).

A biosseguridade pode ser dita como externa, quando foca a prevenção da entrada de agentes de doenças ou interna, quando busca controlar a proliferação e disseminação desses agentes no rebanho em questão (MORES, N.; 2016).

Em relação a biosseguridade externa tem destaque os seguintes componentes (adaptado de MORES, N.; 2016):

- **Cinturão verde:** fileiras de árvores que constituam barreiras físicas aos ventos predominantes, não frutíferas, adaptadas ao clima da região, com folhas perenes.
- **Cerca de isolamento:** para impedir o acesso de animais, veículos ou pessoas sem passar pelos procedimentos de biosseguridade do sistema em questão.
- **Escritório/vestiário:** junto à cerca de isolamento, serve para separar a área suja (externa à granja) da área limpa (parte interna da granja).
- **Roupas e calçados:** de uso exclusivo na granja, laváveis ou descartáveis preferencialmente com banho lavando cabeça e dando atenção para assoar nariz, escovação de unhas.
- **Banheiro:** externo e interno à cerca de isolamento, com pia e vaso sanitário para uso de pessoas externas e internas ao sistema, respectivamente.
- **Arco de desinfecção:** conjunto de bicos com capacidade de lavar externamente, inclusive em baixo dos caminhões, com atenção especial aos seus rodados.
- **Embarcadouro:** junto à cerca perimetral da instalação, para ingresso e retirada de animais do sistema de produção.
- **Silos de ração:** junto à cerca perimetral da instalação com acesso pela parte externa, passíveis de higienização a seco periodicamente.



- **Composteira:** junto à cerca perimetral da instalação ou externa à granja, telada, com ponto de água e espaço para armazenar o substrato não utilizado e dimensionado em função do porte da granja e tipo de exploração.
- **Sistema de tratamento de dejetos:** fora da cerca perimetral da instalação, com atenção à distância de aplicação aos momentos de fertirrigação.
- **Controle de vetores:** pontos de iscagem para moscas e roedores, controle físico mediante limpeza e roçadas e químico com produtos em função do tipo de infestação, com manutenção dos registros de aplicação.
- **Suprimento de água:** lavação periódica das caixas d'água e canos de distribuição, análise microbiológica anual e aparato para a cloração em caso de contaminação por coliformes.
- **Origem dos animais:** priorizar sempre uma mesma origem de fornecimento dos animais seja leitões de reposição ou leitões desmamados ou descrechados, com conhecimento do seu status sanitário em termos de positividade e negatividade para doenças relevantes de produção.

Por outro lado, considerando a biosseguridade interna é importante contemplar os seguintes itens (adaptado de MORES, N.; 2016):

- Pedilúvio, lava botas ou troca de sapatos entre setores para higienização e descontaminação dos calçados fácil e efetiva.
- Lavação das mãos após qualquer manejo com os animais considerando além do sabonete e papel toalha descartável a utilização de álcool gel para antisepsia das mesmas.
- Materiais de limpeza exclusivos por sala considerando pás, vassouras, raspadores.
- Prática da limpeza, desinfecção e vazão sanitário entre lotes utilizando detergente, bomba de alta pressão e baixa vazão, água quente, desinfetantes em função do desafio sanitário e aguardando a completa secagem das instalações para o alojamento subsequente de animais.
- Disponibilidade e utilização adequados das baias hospital com infraestrutura diferenciada de comedouros, bebedouros, disponibilidade de ração e água, aparato para isolamento térmico dos animais, política para eutanásia dos animais irrecuperáveis.
- Programa de vacinação adequado baseado na avaliação sanitária de um médico-veterinário, com cronogramas, categorias e doses declaradas, com conservador de vacinas de uso exclusivo para tal propósito, aplicadores e agulhas higienizados e adequados em quantidade e tamanho.

Como fazer o uso prudente dos antimicrobianos

O uso prudente de antimicrobianos vem sendo colocado como uma alternativa para racionalizar a terapêutica na medicina veterinária, em especial para os animais de produção. Essa abordagem considera uma série de atitudes para ordenar e normatizar o uso coerente de antimicrobianos na medicina-veterinária com o propósito de mitigar a possibilidade de aparecimento de resistência bacteriana, maximizar a eficácia dos medicamentos e evitar a ocorrência de resíduos dos mesmos acima dos limites estabelecidos como seguros e legais em produtos de origem animal desti-



nados ao consumo humano. Na sequência listamos uma série de recomendações com os referidos propósitos (BURKGREEN, T.; 2007):

- A utilização de antimicrobianos deve ser supervisionada por médico-veterinários.
- A utilização de antimicrobianos deve ser feita em casos de suspeita de que o agente seja bacteriano, mas também que o mesmo tenha sensibilidade à medicação eleita.
- O agente etiológico deve preferencialmente ser identificado via isolamento e a escolha da medicação deve considerar os resultados de sensibilidade entregues por antibiogramas.
- A escolha do antimicrobiano deve considerar a relação custo-benefício tanto da saúde humana quanto a saúde animal.
- As recomendações de utilização devem ser seguidas com rigor considerando dose, via de administração, número de aplicações, intervalo de aplicações, período de carência e forma de armazenamento.
- O período de utilização dos antimicrobianos deve ser o menor possível considerando o tempo mínimo para ocorrer a total remissão do agente bacteriano.
- Deve-se manter registro dos animais tratados, medicamentos empregados, recomendações de uso, momento do tratamento, quem prescreveu e quem forneceu o antimicrobiano.
- O emprego de antimicrobianos como aditivos zotécnicos melhoradores de desempenho deve ser reduzido e, sempre que possível, evitado.
- A escolha de produtos e doses deve considerar a farmacocinética e grau de toxicidade, levando em conta que tipo de infecções devem ser evitadas ou controladas;
- Evitar o uso de antimicrobianos que possuam uso tanto na medicina veterinária quanto na medicina humana ou que possam gerar resistência nos de uso humano.
- Deve-se praticar a rotação racional de utilização dos antimicrobianos.
- Quando da associação de antimicrobianos deve-se buscar sinergias e evitar antagonismos.
- Deve-se implementar medidas de prevenção em relação à poluição do meio-ambiente com resíduos de antimicrobianos.
- Deve-se implementar medidas de prevenção em relação à ocorrência de resíduos em produtos de origem animal destinados ao consumo humano.

Conclusões

Como pudemos constatar a utilização de aditivos melhoradores de desempenho na produção animal é um assunto sensível e ao mesmo tempo complexo pela interdependência com a medicina humana.

O uso desse tipo de substâncias hoje, em condições adequadas de criação, não confere ganhos relevantes como o fazia nos primórdios do seu emprego.

Existem evidências científicas que comprovam que a utilização tanto de promotores de crescimento quanto de antimicrobianos sem critério técnico adequado pode promover a resistência bacteriana.



A abordagem sistêmica que considera o homem, os animais e o ambiente em que estão inseridos batizada de “One Health” talvez seja a única maneira de tentar deter a marcha rumo a resistência antimicrobiana.

Devemos disciplinar a utilização de antimicrobianos na medicina veterinária e, em especial, evitar aqueles princípios ativos de uso compartilhado com a medicina humana.

A cultura da prevenção da ocorrência de doenças deve ser a tônica das ações de todos envolvidos na produção de suínos.

Quando da necessidade da utilização de substâncias com caráter antimicrobiano nos sistemas produtivos é fundamental ter a assessoria de médicos-veterinários que devem estar devidamente capacitados no assunto.

Bibliografia Consultada

ALVES, PAMELA em <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/27876/russia-rejeitara-carne-com-ractopamina.htm>. Consultado em 29.08.2017.

BARCELLOS, D.E.S.N.; MARQUES, B.M.F.P.P.; MORES, T.J.; COELHO, C.F.; BOROWSKI, S.M. **Aspectos Práticos Sobre o Uso De Antimicrobianos em Suinocultura**. Acta Scientiae Veterinariae, 37 (Spl 1): s151-s155. 2009.

BURKGREN, T. **Prudent use of antimicrobials: an American vision**. In: Proceedings of 38th American Association of Swine Veterinarians. Orlando, USA, p1-7. 2007.

CARDOSO, M. Situação Atual, Legal E Futura do Uso de Antimicrobianos na Produção de Suínos. In: X Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. Chapecó, Brasil, p25-32. 2017.

CHANG, Q.; WANG, W.; REGEV-YOCHAY, G.; LIPSITCH, M.; HANAGE, W. P. **Review Antibiotics in agriculture and the risk to human health: how worried should we be?** Evol Appl. Mar; 8(3):240-7. 2015.

CHANTZIARAS, I.; BOYEN, F.; CALLENS, B.; DEWULF, J. J. Correlation between veterinary antimicrobial use and antimicrobial resistance in food-producing animals: a report on seven countries. Antimicrob Chemother. Mar; 69(3): 827-34. 2014.

Compêndio de Produtos Veterinários do SINDAN em <http://www.cpv.com.br/>. Consultado em 29.08.2017.

CROMWELL, G. L. **Subtherapeutical use of antibiotics for swine: performance, reproductive efficiency and safety issues**. In: Proceedings of 40th George A. Young Swine Conference. Nebraska, USA, p69-87. 1999.

DRITZ, S.S., M.D. TOKACH, R.D. GOODBAND, AND J.L. NELSEN. **Effects of Administration of Antimicrobials in Feed on Growth Rate and Feed Efficiency of Pigs in Multisite Production Systems** Journal of the American Veterinary Medical Association 220 (11): 1690-95. 2002.

DUNLOP, R.H.; MCEWEN, S.A.; MEEK, A.H.; CLARKE, R.C.; BLACK, W.D.; FRIENDSHIP, R.M. **Associations among antimicrobial drug treatments and antimicrobial resistance of fecal Escherichia coli of swine on 34 farrow-to-finish farms in Ontario, Canada**. Prev Vet Med. Mar 27; 34(4):283-305. 1998.

Instrução Normativa 13/2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=133040692>. Consultado em 29/08/2017.



Instrução Normativa 65/ 2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1171367630>. Consultado em 02/09/2017.

Instrução Normativa 26/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1984822284>. Consultado em 02/09/2017.

LEVY, S.B.; FITZGERALD, G.B.; MACONE, A.B. **Changes in intestinal flora of farm personnel after introduction of a tetracycline-supplemented feed on a farm.** N Engl J Med. Sep 9; 295(11):583-8. 1976.

MARSHALL, B.M.; LEVY, S.B. **Review Food animals and antimicrobials: impacts on human health.** Clin Microbiol Rev. Oct; 24(4):718-33. 2011.

MORES, N. **Biosseguridade para Granjas de Suínos – Produtores.** In: AVISULAT 2016. Porto Alegre, Brasil. 2016.

PRESCOTT, J.; BAGGOT, J. **Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine**, 2nd ed.; Iowa State University Press:Iowa City, IA, USA, 1993.

REGULATION EC 1831/2003 Of The European Parliament And Of The Council em <http://www.reach-compliance.eu/english/REACH-ME/engine/sources/regulations/1831-2003-EC.pdf>. Consultado em 02/09/2017.

SCHROEDER, B.; ANDRETTA, I.; RIBEIRO, A.M.L.; CARDINAL, K.M.; SILVA, M.K.; HANSEN, V.; RAUBER, S.M.; HICKMANN, F. **Meta-analytical study on the effects of antibiotic growth promoters on productive pig performance.** In: First International Meeting of Advances in Animal Science. Jaboticabal, Brasil. Pôster. 2016.

VAN CLEEF, B.A.; VAN BENTHEM, B.H.; VERKADE, E.J.; VAN RIJEN, M.M.; KLUYTMANS-VAN DEN BERGH, M.F.; GRAVELAND, H.; BOSCH, T.; VERSTAPPEN, K.M.; WAGENAAR, J.A.; BOS, M.E.; HEEDERIK, D.; KLUYTMANS, J.A. **Livestock-associated MRSA in household members of pig farmers: transmission and dynamics of carriage, a prospective cohort study.** PLoS One; 10(5): e0127190. 2015.

WHO (2015). Global Plan on Antimicrobial Resistance em <http://www.who.int/antimicrobial-resistance/global-action-plan/en>. Consultado em 01/09/2017.

WHO (2017a). WHO list of Critically Important Antimicrobials (CIA) em http://www.who.int/foodsafety/areas_work/antimicrobial-resistance/cia/en/. Consultado em 01/09/2017.

WHO (2017b). WHO CIA list 5th revision newly released in 2017 em <http://www.who.int/entity/foodsafety/publications/cia2017.pdf?ua=1>. Consultado em 01/09/2017.



PALESTRAS MAGISTRAIS

Antimicrobianos na
Suinocultura



USO PRUDENTE DE ANTIMICROBIANOS NA SUINOCULTURA

Mauricio Dutra

A descoberta dos antimicrobianos no início do século XX foi e continua sendo um das grandes conquistas da humanidade, porém inerente a essa descoberta, a ocorrência e disseminação da resistência bacteriana aos diferentes antimicrobianos tem sido discutida mundialmente, dada sua importância em saúde pública. Relatório encomendado pelo Governo Britânico em 2014 indica a resistência a antimicrobianos como principal causa de mortalidade em humanos em 2050, caso nada seja feito para mudar a atual condição.

Grande atenção foi dada na última década a esta questão, quando enterobactérias portadoras de genes de resistência à colistina foram encontradas, com o agravante deste antimicrobiano ser amplamente utilizado tanto na produção animal como promotor de crescimento, quanto em casos de infecção em humanos por bactérias multirresistentes.

Sabe-se que a utilização sem critérios de antimicrobianos em humanos é uma das principais causas da ocorrência de resistência, porém o uso nas diferentes espécies animais, sejam animais de companhia, sejam animais de produção favorece a disseminação de cepas bacterianas resistentes entre as diferentes espécies, inclusive a própria espécie humana. Trabalho realizado na Europa em 2000 indicou esta associação, quando foram encontradas cepas fecais humanas de *E. coli* resistentes a ciprofloxacina, oriundas de trabalhadores de criatórios de peru quando este mesmo princípio ativo era fornecido somente aos perus.

Essa e outras evidências reforçam a proposta de Saúde Única (“One Health”) do Escritório Internacional de Epizootias (OIE) em considerar o uso prudente de antimicrobianos em todas as espécies, como premissa básica para evitar a disseminação da resistência bacteriana à estes ativos.

Uso de antimicrobianos na produção de suínos

Estimativas globais do uso de antimicrobianos em animais de produção, revelaram 45 mg diferentes princípios ativos/kg bovino produzido, 148 mg/kg frango produzido e 172 mg/kg suíno produzido.

Levantamento similar realizado em 25 sistemas de produção de suínos no Brasil revelou 358,0 mg diferentes princípios ativos/kg suíno produzido, com amplitude variando de 5,4 a 586,0 mg. O estudo revelou também a exposição dos animais, em média, a sete princípios ativos diferentes, variando de 2 a 11, bem como 66,3% do período de vida dos animais expostos a algum princípio ativo, variando de 2,9 até 90,4%, evidências do uso excessivo de antimicrobianos, quando comparado com o cenário mundial, sendo o uso como promotor de crescimento e profilático/metafilático via ração, grandes colaboradores para estas cifras.

O levantamento nacional pesquisou também a correlação da utilização de antimicrobianos com o score de biossegurança e produtividade (kg produzido/matriz/ano) dos sistemas de produção não encontrando correlação estatisticamente significativa, no entanto, numericamente, observou-se maior produtividade nos sistemas



com melhor grau de biossegurança e menor utilização de antimicrobianos, evidenciando os benefícios de proporcionar condições básicas adequadas aos animais, não havendo desta forma, necessidade de utilização preventiva dos antimicrobianos.

Sistemas negativos para *Mycoplasma hyopneumoniae*, bem como sistemas em dois sítios de produção apresentaram menor uso de antimicrobianos, porém a diferença estatística não foi significativa, quando comparados aos sistemas positivos para este agente, bem como os sistemas de produção em sítio único.

A pesquisa nacional revelou também positividade de 80% dos sistemas de produção pesquisados para *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), agente envolvido em doença ocupacional, principalmente em pessoas imunocomprometidas expostas à populações animais positivas.

Uso prudente de antimicrobianos

Diante do exposto, faz-se urgente a necessidade da mudança de atitude em relação ao uso de antimicrobianos em nosso setor. Simpósio realizado em 2014 pela Associação de Suinocultores do Reino Unido, BPEX, com ampla participação de suinocultores, técnicos, consultores e pesquisadores e foco na redução e uso prudente de antimicrobianos elencou os seguintes pontos como fundamentais para obtenção de êxito nesta prática, os quais seguem:

- **Adoção dos manejos básicos:** respeitar vazios sanitários das instalações, fluxo de produção, adotar restrito sistema “todos dentro-todos fora”, promover utilização adequada de quarentenário na introdução de animais, desinfecção adequada de caminhões, entre outros, são pontos inegociáveis. Em suma, a adoção de práticas eficientes de biossegurança e manejo são imprescindíveis na manutenção do status sanitário dos sistemas de produção, evitando dessa forma a necessidade da utilização dos antimicrobianos.
- **Diagnóstico adequado:** a coleta de material e diagnóstico adequado das enfermidades que acometem os animais permite adotar diferentes práticas de manejo no controle, além da utilização de classes de antibióticos menos prejudiciais aos animais, evitando dessa forma a utilização preventiva de antimicrobianos de amplo espectro, bem como grande quantidade de princípios ativos.
- **Utilização de eubióticos:** por definição, eubióticos são aditivos que auxiliam na manutenção do ótimo balanço da flora gastrointestinal resultando em melhora no status sanitário e consequente performance dos animais. Na prática, ácidos orgânicos, probióticos, prebióticos e óleos essenciais são os eubióticos com efeitos consolidados para a finalidade proposta. Citando alguns exemplos, a modulação de flora das matrizes minimizando a excreção de agentes patogênicos pelas fezes e consequente contaminação das leitegadas através da utilização de ácidos orgânicos e probióticos nas semanas anteriores ao parto já é prática consolidada em alguns países, bem como a utilização de ácidos orgânicos e probióticos na maternidade e dietas pós-desmame visando prevenção e controle de enfermidades entéricas, como Colibacilose e Salmonelose, minimizando consideravelmente a utilização de antimicrobianos.
- **Eliminação de doenças:** diversos protocolos de eliminação de diferentes enfermidades que acometem os suínos já foram validados e, de acordo com as características de cada sistema de produção, são possíveis de serem adotados, minimizando também dessa forma a utilização massiva de antimicrobianos.



Outros pontos importantes a serem considerados no uso prudente de antimicrobianos são promoção de ambiência adequada aos animais, permitindo a expressão de seu máximo potencial genético sem a necessidade do suporte medicamentoso, bem como necessidade de mudança cultural da prescrição preventiva de antimicrobianos visando a máxima eficiência dos animais, mudança esta que deve abranger todos os personagens da cadeia produtiva, como produtores, colaboradores, técnicos e consultores.

Como mensagem final podemos salientar a condição de “Um Mundo, Uma Saúde” fomentada pela OIE e a importância da crescente resistência bacteriana aos antimicrobianos, contexto no qual todos nós da cadeia suinícola estamos envolvidos. Experiências nacionais e estrangeiras tem demonstrado ser factível a redução gradativa no uso de antimicrobianos sem comprometimento dos índices produtivos, desde que haja um diagnóstico adequado da situação, um plano de ação bem elaborado contemplando os quatro pontos elencados pela BPEX, além das adequações estruturais e mudança cultural na prescrição e utilização de antimicrobianos.



OS ANTIMICROBIANOS COMO FERRAMENTAS PARA ERRADICAÇÃO DE PATÓGENOS EM GRANJAS SUÍNAS

Alberto Stephano Hornedo

Consideraciones previas para hacer un programa de erradicación de enfermedades

Los programas de erradicación de enfermedades o eliminación de agentes infecciosos de las granjas, son complicados, generalmente las enfermedades son multifactoriales, por lo que primero tenemos que hacernos las siguientes preguntas (Tom Alexander, 2006):

- Es rentable la eliminación?
- Cuento con las herramientas para lograrlo?
- Una vez eliminada la enfermedad puedo mantener la granja libre?

Es rentable la eliminación?

- Conozco el impacto económico en mi granja?
- Es una enfermedad o hay un complejo de enfermedades?
- Puedo controlarla debidamente mediante medicación, vacunación y manejo o requiere eliminación?
- El valor genético de los animales justifica el programa de eliminación?
- Con frecuencia es conveniente considerar el control más que la eliminación.
- En una granja que produzca cerdos para matadero puede ser más caro el tratamiento para eliminar el agente y mantener el hato libre, que la mejora lograda.

Cuento con las herramientas para lograrlo?

- Considerando las características el agente es posible eliminarlo?
- Cuál sería el método; con despoblación o sin despoblación?
- Tengo los recursos económicos?
- Cuento con instalaciones y personal calificado para lograrlo?
- Tengo las herramientas diagnósticas para identificarlo y conocer su dinámica en la granja?
- Conozco el patrón de infección?
- Conozco las otras enfermedades presentes en la granja?
- Tengo cuarentena y programas de bioseguridad para controlarla y evitar reinfecciones?



Una vez eliminada la enfermedad puedo mantener la granja libre?

- Cuál es la ubicación y zona geográfica de la granja?
- Hay otras granjas próximas?
- Que enfermedades hay en la zona?
- Hay contacto con otras granjas por vehículos, personal, carreteras, etc.?
- Tenemos las instalaciones adecuadas?
- Los flujos de producción y manejos permiten la prevención?
- Se han validado los programas de bioseguridad?
- Puedo conseguir animales de reposición libres de la enfermedad?

Para mantener la granja libre se debe garantizar lo siguiente:

- Mantener el aislamiento.
- No introducir animales positivos. Contar con una fuente de genética libre de las enfermedades indeseables.
- Reducir la entrada de animales para limitar el riesgo. Hacer un programa de auto reemplazo.
- Contar con cuarentena aislada y un servicio diagnóstico eficiente.
- Usar semen o embriones para el mejoramiento genético.
- Un buen programa de bioseguridad y capacitación del personal.

Historia de los programas de prevención, control y erradicación de enfermedades

- **60's:** Empresas de venta de genética:
 - Eliminación de Rinitis atrófica, neumonía, enzootica, disentería, erisipela, sarna, áscaris.
- **60's:** Despoblación - repoblación.
- **70's:** Histerectomía.
 - Cerdos gnotobioticos para investigación.
 - Cerdos SPF para investigación y producción comercial.
- **70's:** Bioseguridad.
- **80's:** Cuarentena.
- **80's:** Todo dentro - todo fuera
- **90's:** Destete temprano medicado (MEW).
- **90's:** Destete temprano segregado (SEW). Sitios múltiples
- **90's:** Parto segregado.
- **2000's:** Sistema de reloj. Y otros.



Generalidades de las enfermedades

Actualmente las enfermedades son multifactoriales, y es difícil encontrar infecciones aisladas. Generalmente hay infección por un agente primario, el cual se asocia a infecciones secundarias. La infección secundaria dependerán de los agentes presentes previamente en la granja.

Los signos se exacerban cuando las infecciones se asocian a:

- Pobre ingestión de calostro en calidad o cantidad (inmunidad)
- Medio ambiente y manejos inadecuados o deficientes.
- Deficiencias nutricionales.
- Condiciones de estrés.

Las enfermedades son multifactoriales

- Factores infecciosos:
 - Primarios.
 - Secundarios.
- Factores no infecciosos:
 - Condiciones medioambientales desfavorables.
 - Factores de manejo inadecuado.
 - Factores humanos.
- Factores que favorecen las diferencias en infección e inmunidad de los animales de una población.

Factores que favorecen las diferencias en infección e inmunidad del cerdo al destete

- Enfermedad activa en el pie de cría.
- Variaciones en inmunidad en pie de cría y lechones al destete.
- Inmunidad inestable en pie de cría.
- Reemplazo inadecuado de hembras.
- Rango amplio de edades al destete.
- Más de siete días en llenado de una sala o sitio.
- Alto número de cerdos por sala o sitio.
- Sistema de producción segregada. Dos, tres o sitios múltiples.
- Flujo continuo de cerdos. Incapacidad para mantener flujo TD-TF en todas las áreas.



Consideraciones para la erradicación (1)

- Diagnóstico preciso de la enfermedad, otros agentes y factores asociados.
Epidemiología:
 - Que prevalencia y edades afecta.
 - Conocer cómo se transmite en la granja y cuáles son los reservorios.
- Ubicación de la granja y estado sanitario de granjas vecinas.
- Instalaciones y manejos que permitan la eliminación.
- Programas de bioseguridad.
- Planeación detallada y seguimiento. Involucrar al personal.
 - Análisis de los costos del proyecto.
 - Análisis del costo beneficio.
- Una vez eliminada la enfermedad tener los medios para mantenerla libre.
- Aprovechar para eliminar otros agentes.
- Con frecuencia la eliminación por despoblación se justifica cuando hay más de un patógeno involucrado.

Consideraciones para la erradicación (2)

La erradicación no se logra únicamente con medicación y vacunación, requiere de diferentes herramientas para lograrlo:

- Instalaciones.
- Personal capacitado.
- Consistencia.
- Manejo:
 - Destete temprano con tres sitios o sitios múltiples.
 - Eliminación de portadores. Pruebas diagnósticas.
 - Romper flujos de producción. Producción en bandas.
 - Todo dentro - todo fuera.
 - Vacío sanitario de instalaciones.
 - Limpieza y desinfección. Agua caliente.
 - Eliminación de cerdos susceptibles.
 - Bioseguridad.



Métodos de erradicación de enfermedades o eliminación de agentes infecciosos

- Despoblación total.
- Erradicación sin despoblación.

Despoblación total

Se usa cuando la enfermedad o complejo de enfermedades comprometen la viabilidad económica de la granja.

Cuando hay campañas de erradicación.

Requiere limpieza de los locales, desinfección, dejar descansar las salas hasta ocho semanas y repoblación con cerdos exentos de los patógenos no deseados.

Ventajas de la despoblación total:

- Alta eficacia en la eliminación.
- Elimina otras enfermedades al mismo tiempo.
- Se puede hacer mejorara genética con la repoblación.

Desventajas de la despoblación total:

- Es costosa. Se detienen los flujos de producción.
- Se requiere de otro sitio para hacer una gestación externa.
- Puede ocurrir reinfección durante el proceso de repoblación.

Erradicación sin despoblación total

La base para este procedimiento es eliminar un patógeno sin necesidad de parar la producción y además permitir mantener la genética valiosa.

En este procedimiento es importante controlar primero la enfermedad para reducir la circulación de los patógenos.

En el control se aplican programas de vacunación, medicación y manejos que eliminen los signos clínicos y reducen la circulación y riesgos de reinfección.

Los sistemas actuales de producción en tres sitios o sitios múltiples se adaptan perfectamente.

Ventajas:

- No detiene producción.
- Baja costos de eliminación.
- Mantiene genética valiosa.

Desventajas:

- El consto de los estudios puede ser elevado (en prueba y eliminación).
- Requiere de instalaciones adicionales: Gestación externa, destete y finalización segregados, etc.
- Hay más fallas en eliminación y riesgo de reinfección.



Los programas utilizados comprenden

- Despoblación parcial.
- Prueba y eliminación.
- Destete temprano medicado.
- Destete temprano segregado.
- Cierre del hato.
- Producción en tres sitios y/o en sitios múltiples.

Y estos programas pueden tener numerosas variaciones, con o sin vacunación y/o medicación.

Se requiere de pruebas diagnósticas eficaces y oportunas.

Antibióticos

La industria química farmacéutica ha tenido un crecimiento constante y tiene un impacto económico importante en la población. Los medicamentos han sido en parte los responsables de la explosión demográfica al prolongar la vida media y reducir la mortalidad infantil. Además de mejorar la calidad de vida de las personas.

En medicina veterinaria se usan para tres propósitos: tratar enfermedades, reducir su diseminación y para incrementar la producción.

Historia de los antibióticos

Durante la 2ª guerra mundial se inicia la producción masiva de antibióticos.

Al final de la guerra la penicilina se hace disponible a los veterinarios para tratar mastitis bovina.

En 1946 se describe que un nuevo antibiótico, la estreptomicina estimula el crecimiento de pollos.

En 1949 se observa que los antibióticos reducen la cantidad de alimento y aumentan la velocidad de crecimiento para llevar un pollo a mercado.

Más tarde se identificaron muchos otros antibióticos que mejoraban el crecimiento y la eficiencia alimenticia y además de tratar y controlar las enfermedades endémicas de animales.

Al masificarse la producción se encontró que cuando se observaban animales enfermos en un hato o parvada, y se establecía un diagnóstico y tratamiento rápido, se controlaba el problema antes de que se difundiera a los demás animales.

Durante 1950 y 1960 se desarrollaron diferentes antibióticos, se determinó la vía de administración, y razones para su uso.

Los reglamentos para la aprobación de un antibiótico varían de un país a otro y se han modificado con el tiempo. Inicialmente el criterio se basaba únicamente en la seguridad de su uso en el animal a tratarse, y más tarde se establecieron requerimientos para eficacia, seguridad para el hombre y medio ambiente.



Uso de los antibióticos

Los antibióticos se usan generalmente para tratar y controlar enfermedades bacterianas o como promotores de crecimiento. El uso depende de la especie animal, función zootécnica y sistema de producción.

- **Tratamiento individual:** para enfermedades específicas en los diferentes animales, y administrado por diferentes vías.
- **Tratamiento masivo o en grupo:** en hatos y parvadas, administrado en agua o alimento.

Los antibióticos se usan más para controlar que para eliminar, pues no son esterilizantes.

Uso clínico de los antibióticos en cerdos	
Lechón	Gastrointestinal: E. coli y Clostridium
	Sistémico: S. suis y H. parasuis
	Epidermis: S. hycus
Crecimiento	Gastrointestinal: Salmonella, Ileitis, Disentería
	Enf. Respiratoria: P. multocida, M. hyopneumoniae, A. pleuropneumoniae, B. bronquiseptica
	Sistémico: Erisipela, Leptospira
Hembra	Cistitis, Pielonefritis, Mastitis, Metritis, etc.

Tiempo de eliminación de medicamentos en alimento antes del sacrificio (días)			
Apramicina sulfato	Apralan	150 g/ton	28
Bacitracina disalicilato	BMD	10-250 g/ton	0
Bambermicina	Flavomicina	2-4 g/ton	0
Cardabox	Mecadox	10-50 g/ton	42
Clortetraciclina	Aureomicina	10-400 g/ton	0/14
Hygromicina B	Hygromix	12 g/ton	15
Ivermectina	Ivomec	1.8-11.8 g/ton	5
Lincomicina hidrocloreuro	Lincomix	20-200 g/ton	0
Oxitetraciclina	Oxitetra	10-50 g/ton	0/14
Tiamulina	Dinamutilin	10-200 g/ton	0/7
Tilmicosina	Pulmotil	181-363 g/ton	7
Tylosina fosfato	Tylan	100 g/ton	15
Virginiamicina	Stafac	5-100 g/ton	0



Tiempo de eliminación de medicamentos en agua antes del sacrificio (días)		
Apramicina sulfato	Apralan	28
Aureomicina+sulfametazina	Aureo SP	15
Clortetraciclina	Aureomicina	5/14*
Gentamicina sulfato	Polvo soluble	3/10
Levamisol hidrocloreto	Levasol	3
Lincomicina hidrocloreto	Lincomix	0
Neomicina	Neomix	3
Oxitetraciclina	Terramicina	5/14
Roxarsona	3-nitro	5
Sulfacloropiridazina de sódio	Vetisulid	4
Sulfametazina	Sulmet	15
Tiamulina	Dinamutilin	3/7
Tylosina	Tylan	2

Tiempo de eliminación de medicamentos inyectables antes del sacrificio (días)		
Enrofloxacina	Baytril	5
Ceftiofur sódico	Excenel	0
Dinoprost trometamina	Lutalice	0
Doramectina	Dectomax	24
Eritromicina	Galimicina	7
Gentamicina	Garacin	40
Hierro dextran	Ferrodex 200	0
Isoflupredona acetato	Predef 2x	7
Ivermectina	Ivomec	18
Lincomicina hidrocloreto	Lincomix inyectable	2
Oxitetraciclina	Múltiples	18 a 42
Penicilina G procaina	Múltiples	6 o +
Tylosina	Tylan	14



Metodos terapeuticos

Medicación en alimento.

Ventajas:

- Para medicación masiva de poblaciones.
- Es simple yeconómica.
- Menos mano de obra.
- Molesta menos a cerdos.

Desventajas:

- En enfermedad aguda comen y beben menos.

Submedicación:

- Tarda en implementarse.

Uso:

- Medicación em pulsos. A fecha determinada, por períodos cortos. En enfermedades endémicas como Mycoplasma, Enteritis proliferativa, cuando se predice la ocurrencia.

Medicacion en agua

Ventajas:

- Se administra rápido a dosis terapéuticas a grandes poblaciones.

Desventajas:

- Falta de control sobre el consumo de agua.
- Desperdicio de medicamento por fugas de agua.
- Pobre solubilidad de algunos productos a las concentraciones terapéuticas deseadas.
- Se requiere de equipo para su aplicación.
- Se puede asociar con sales dei agua y tapar el flujo en chupones.
- Poca ingestión de agua por mala palatabilidad.
- En invierno toma menos agua.
- Se requiere de una línea de agua independiente para lavar.



Uso:

- Se aplica solo por periodos cortos, 5 a 7 días.
- Se debe calcular la dosis con base en el consumo de agua. Si bien puede variar en cerdos enfermos.

Medicacion parenteral

Inyección Intramuscular.

Ventajas:

- Es el método de elección en aplica individual en brotes agudos. App, Salmonella, Hps, Ssuis, erisipela.
- Se aplica rápido, a la. dosis adecuada en animales seleccionados.
- Efecto rápido y efectivo.
- Se usa Penicilinas, Ceftiofur, Oxitetraciclinas, Tylosina, Lincomicina, eritromicina, enrofloxacin, etc.

Desventajas:

- Requiere mucho manejo.
- Se estresa el animal.
- Cambiar agujas para evitar transmisión de enfermedades.

Sensibilidad antimicrobiana en programas de eliminacion

Quando en el programa de eliminación de un agente se utiliza un antibiótico, para el tratamiento, control y eliminación de la enfermedad, es indispensable conocer la sensibilidad y la concentración mínima inhibitoria ante las agentes a tratar. Y esta debe ser dinámica, pues con frecuencia se baja la sensibilidad y se produce resistencia a las antimicrobianos.

En las cuadros siguientes se muestran los resultados observados ante diferentes aislamientos, con 11 años de diferencia. Se remarcan los antibióticos que mostraron mayor sensibilidad. E estas se muestran la variación en sensibilidad de los antibióticos contra diferentes gérmenes. Llama la atención que la gentamicina contra App bajo su sensibilidad de 70% en e 12014, a 11% en e 12015. Mientras que la Clortetraciclina subió de 55% ai 89% contra el mismo germen. Cuando un antibiótico se deja de usar con frecuencia recupera sensibilidad.



Sensibilidad antimicrobiana en cerdos: ISU 2004

Numero de Aislamientos	908	408	239	714	332	191	287	628	672	257	134
Antimicrobiano*	S suis	H ps	App	Pm A	Pm D	A suis	Bord	E coli	H Ec	Sal c	Sal T
Ampicilina	97	98	77	99	98	91	30	38	37	21	15
Apramycina	33	12	7	15	3	9	11	79	71	100	97
Ceftiofur**	99	99	100	100	100	100	0	75	78	99	96
Chlortetracyclina	12	100	55	98	93	82	99	6	4	15	6
Clindamicina	22	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enrofloxacina	95	99	100	100	100	100	91	99	100	100	99
Erythromycina	26	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Florfenicol	100	99	100	100	100	100	79	15	28	96	2
Gentamicina	96	100	70	100	100	99	99	76	67	100	92
Neomycina	75	98	66	99	95	90	99	61	46	98	81
Oxytetracyclina	8	96	8	76	69	51	98	6	3	15	6
Penicilina	87	18	4	85	89	6	0	0	0	0	0
Spectinomycina	93	98	7	99	99	97	0	52	45	94	16
Sulfachioyridazina	56	98	98	63	58	97	20	42	28	19	19
Sulfadimethoxina	54	88	83	45	57	88	20	34	19	6	9
Sulfathiazol	55	89	87	51	65	89	32	35	20	6	10
Tiamulina **	90	84	63	11	0	8	0	0	0	0	0
Timicosina **	24	98	95	97	83	99	52	0	0	0	0
Trimethoprim/sulfametoxazol	99	98	100	99	100	99	76	82	81	99	93
Tylosina tartrate	24	14	0	3	0	2	0	0	0	0	0

Porcine 2015 - Susceptibility profile of porcine pathogens received at ISU VDL

Data reported as: % susceptible

Antibiotic	A suis	App	B bron	E coli	Erys	H E coli	HPS	Pmul A	Pmul D	S suis ⁵	Salm B ²	Salm C ^{1,2}	Salm sp
Number of samples	273	80	36	556	27	1.718	804	60	24	604	702	134	167
Ampicillin	98%	95%	6%	30%	100%	19%	99%	98%	100%	96%	22%	52%	53%
Ceftiofur	100%	99%	0%	62%	100%	61%	99%	100%	100%	93%	76%	80%	74%
Chlortetracyclina	94%	89%	97%	17%	19%	10%	100%	97%	83%	5%	9%	35%	37%
Clindamycin	0%	1%	0%	0%	67%	0%	5%	0%	0%	15%	0%	0%	0%
Enrofloxacin	100%	100%	97%	75%	93%	72%	99%	100%	100%	97%	83%	88%	74%
Florfenicol	99%	100%	67%	11%	7%	24%	99%	100%	100%	99%	30%	32%	34%
Gentamicin	100%	1%	100%	74%	7%	64%	78%	98%	96%	84%	72%	69%	60%
Neomycin	97%	3%	94%	72%	4%	65%	39%	88%	96%	27%	65%	77%	66%
Oxytetracycline	75%	13%	97%	16%	19%	9%	95%	27%	42%	3%	10%	36%	36%
Penicillin	0%	20%	0%	0%	93%	0%	25%	77%	88%	78%	0%	0%	0%



Antibiotic	A suis	App	B bron	E coli	Erys	H E coli	HPS	Pmul A	Pmul D	S suis ⁵	Salm B ²	Salm C1 ²	Salm sp
Number of samples	273	80	36	556	27	1.718	804	60	24	604	702	134	167
Spectinomycin	0%	4%	0%	2%	78%	6%	61%	2%	4%	9%	0%	0%	0%
Sulfadimethoxine	88%	9%	22%	30%	0%	33%	19%	43%	33%	28%	3%	22%	10%
Tiamulin	95%	95%	0%	0%	85%	1%	97%	73%	17%	82%	0%	0%	0%
Tilmicosin	96%	90%	6%	0%	74%	0%	88%	93%	54%	19%	0%	0%	0%
Trim/Sulpha	100%	95%	28%	74%	59%	75%	92%	95%	96%	97%	79%	75%	84%
Tulathromycin	NI	90%	100%	NI	NI	NI	NI	97%	96%	NI	NI	NI	NI
Tylosin (Tartrate)	0%	0%	0%	NI	NI	NI	NI	2%	0%	NI	NI	NI	NI

Trim/Sulpha = Trimethoprim/Sulphamethoxazole

Resistencia antimicrobiana

No se han descubierto nuevos grupos de antibióticos en los últimos 25 años y algunas cepas de bacterias ahora son resistentes a los antibióticos que se usaban.

Se ha postulado que el uso indiscriminado de antibióticos en los animales ha incrementado la resistencia de bacterias que infectan a los humanos dejándolos sin defensas.

El uso de antibióticos en animales de granja aumenta la resistencia a los antibióticos en humanos?

Es difícil a imposible medir el grado en el cual el uso de antibióticos en animales afecta a los humanos. No tenemos buenos métodos científicos para medirlo. Sin embargo un panel de expertos estima que el 96% de las resistencias a los antibióticos se deben al uso en humanos y no por la transferencia de su uso en animales.

Pero es clara la importancia de usar los antibióticos en forma responsable.

En algunos países de Europa se ha prohibido el uso de los antibióticos como promotores de crecimiento, pero no para tratar o controlar enfermedades por medicación en agua o alimento. Por lo que se incrementó el uso de antibióticos para tratamientos.

En Holanda, el consumo de antimicrobianos en el humano es bajo en comparación con los niveles de otros países europeos, mientras el consumo en producción animal era considerado uno de los más altos de Europa en 2007.

Se establecieron diferentes categorías de antimicrobianos, algunos de los cuales no podían ser usados en producción animal en ningún caso (como nuevos diseños), otros tenían uso restringido (como las cefalosporinas de tercera y cuarta generación) y otros pretendían limitarse (como la colistina, betalactámicos en general, aminoglucósidos y fluoroquinolonas).



Agentes bacterianos que no se pueden eliminar

Algunos agentes no se pueden eliminar de un hato aun con despoblación. Las principales razones son:

- Porque son resistentes a los factores del medio ambiente. Y son ubicuos.
- Porque tienen numerosos huéspedes.
- Porque ocasionan infección temprana.
- Porque ocasionan infecciones subclínicas y/o persistencia crónica en animales.
- Se transmiten fácilmente por aire, fómites, agua, alimentos, etc.

Enfermedades que pueden ser eliminadas sin despoblación

- App a eliminar *A. pleuropneumoniae*.
- Disentería a eliminar *Brachyspira hyodysenteriae*.
- Neumonía enzootica a eliminar *Mycoplasma hyopneumoniae*.

Eliminacion de APP

Una vez que se establece la infección por App en una granja, es difícil eliminarlo, por lo que el primer paso, es controlar la enfermedad para reducir las pérdidas económicas, combinando tratamiento, vacunación y manejo.

En general el App es susceptible a una larga lista de antibióticos, sin embargo in vitro muestra más bajas concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) a penicilina, ampicilina, cefalosporina, cloranfenicol, colistina, sulfonamidas, cotrimoxazol (trimetoprim + sulfamethoxazol), y gentamicina. Sin embargo se reportan alto número de resistencia en aislamientos.

Otros antibióticos han mostrado buenos resultados como, quinolonas (enrofloxacin), cefalosporinas sintéticas (ceftiofur sódico), tiamulina, tilmicosina y tulatromicina.

Cuando tratamos cerdos al inicio de los signos clínicos con un antibiótico efectivo, se cura el animal antes de permitir el desarrollo de inmunidad y deja al cerdo susceptible a reinfección.

La medicación debe ser inyectada en cerdos con signos clínicos, y en agua de bebida y alimento en medicación grupal en cerdos expuestos. Puede ser medicación continua o en pulsos, con monitoreo constante de la sensibilidad del antimicrobiano

La vacunación sube los niveles de protección (contra morbilidad y mortalidad) y mejoran eficiencia, particularmente cuando se usan vacunas de subunidades que contengan exotoxinas RTX (ApxI, ApxII, y ApxIII) y antígeno 42 kDa de la membrana.

Para lograr el control, se deben cuidar los factores de manejo y medio ambiente: reducir variaciones de temperatura, ventilación, divisiones solidas entre corrales, manejar salas o granjas Todo dentro-todo fuera, destete y segregación tempranos, separación entre naves y programas de lavado y desinfección (es sensible a muchos desinfectantes).



Programas de erradicación de APP

- **Despoblación y repoblación con animales libres de App:** caro y elimina líneas genéticas de valor.
- **Prueba y eliminación:** apoyado con programa de medicación, vacunación y manejo en hato original, no siempre exitoso.
 - Se sacan de la granja todos los cerdos de destete y engorda a un sitio separado.
 - Se tratan todos los cerdos adultos con antibióticos.
 - Se hace serología y se eliminan todos los positivos. Solo si la prevalencia es menor al 25%.
 - Se mantienen medicación por 2 a 3 semanas.
 - Se hace serología de nuevo y se eliminan positivos de nuevo.
 - Se quitan antibióticos y un mes después se hace serología de nuevo.
 - La prueba serológica empleada debe tener una buena sensibilidad y especificidad.
- **Destete precoz segregado (SEW):**
 - Se vacunan todas las hembras para que los anticuerpos protejan al lechón y retrasen la infección.
 - Sacar a los cerdos de destete antes de las dos semanas a un sitio separado aislado.
 - Destetar a los lechones antes de los 11 días de edad. Con destete entre 11 y 21 días el resultado es variable, con destete a más de 21 días el riesgo aumenta.
 - Los programas de SEW varían:
 - » Con o sin medicación. Inyección de antibióticos a lechones a los 3, 5, 10 y 14 días de edad.
 - » Con y sin vacunación.
 - » En tres sitios o sitios múltiples. Todo dentro y todo fuera.
- **Eliminación" con antibióticos:** los antibióticos no eliminan la bacteria en las amígdalas.
 - Tilmicosina algunos indican la elimina, pero no es consistente.
 - Es importante usar técnicas sensibles de detección de App, como PCR. Para confirmar la eliminación



Eliminación de disenteria porcina (*Brachyspira hyodysenteriae*)

La eliminación de disentería siempre será un objetivo por el efecto devastador de la enfermedad, incremento en conversión de alimento (0.2 a 0.8 mas, 7%), baja en Ganancia diaria de peso (35 días más a mercado, 5%), 60% de aumento en costo de medicación, 25% de incremento en mortalidad, incremento de animales desiguales y por razones de bienestar animal.

Para tener éxito se debe hacer una planeación adecuada, buena organización y participación de las personas involucradas.

La entrada de *Brachyspira hyodysenteriae* a una granja generalmente ocurre con la introducción de cerdos con infección subclínica, desafortunadamente a la fecha no hay pruebas serológicas confiables para la detección de portadores

Las medidas de manejo para el control deben dirigirse a:

- Disminuir el contacto con heces.
- Control de portadores.
- Reducción del estrés.
- Manejo todo dentro todo fuera estricto, con lavado, desinfección, secado y descanso.
- Mejoras en la alimentación (granulometría, digestibilidad, inulina, fibra...), que reduzcan la fermentación en intestino grueso.

El tratamiento con antibióticos debe ser con la frecuencia, vía de administración y dosis recomendadas, para lograr la eliminación y prevenir la resistencia.

Actualmente contamos con algunos antimicrobianos efectivos contra la DP, los principales son: Tiamulina, Valnemulina, Tylosina y Lincomicina. Las dos primeras serían las de elección.

Todas las hembras y machos deben ser tratados en agua de bebida o alimento, por cuando menos 14 días. Y meterlos en instalaciones limpias.

Los lechones nacidos durante el programa, se deben tratar parenteralmente, y al destetarlos se deben sacar de la granja, a un sitio limpio.

Programas de eliminación de disentería porcina

Los principales métodos de eliminación de enfermedades son:

- Total despoblación con repoblación posterior (típico de las granjas SPF).
- Diagnóstico y eliminación.
- Despoblación parcial y medicación (Procedimiento usado para la eliminación de *B. hyodysenteriae*, *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Actinobacillus pleuropneumoniae* y *Sarcoptes scabiei suis*).
- Destete temprano medicado y producción en sitios múltiples.

La despoblación parcial con medicación, permite conseguir eliminar un patógeno sin necesidad de parar la producción y mantiene nuestra genética actual y se adapta perfectamente a los sistemas actuales de producción en sitios múltiples.



Los puntos clave para la eliminación de DP

- Confirmación del diagnóstico, aislamiento y análisis de la concentración mínima, inhibitoria de los antibióticos de elección de preferencia de varios aislamientos. Y selección del antibiótico a usar.
- El día de inicio de la medicación solo deberán estar en la granja hembras reproductoras, de preferencia, mayores de 10 meses de edad, y los lechones lactantes. Suspender la entrada de animales de reemplazo.
- No debemos tener signos clínicos en las hembras cuando menos dos meses previo a la medicación.
- En granja hacer programa enérgico de control de roedores, pájaros e insectos. Y retirar los escombros, basura, y matorrales que son nido de los portadores dentro y en el perímetro de la granja.
- Revisar el programa de bioseguridad.
- Evitar el acceso de vehículos, y contar con programa de lavado, desinfección y descanso de los vehículos que traen el alimento o mueven los animales.
- Control estricto de personal. Baño de acceso con determinación de áreas sucia y limpia. Y cambio de ropa y calzado.
- Protocolo de limpieza y desinfección de las salas vacías. Eliminar toda el agua y materia orgánica de las fosas, lavar, desinfectar y dejar secar perfectamente antes de meter animales.
 - Desinfección con glutaraldehído, hidróxido de sodio (cal viva).
 - Desinfección con hipoclorito de sodio al 1.5% (1500 ppm)
 - Segunda desinfección con Glutaraldehído comercial.
 - Reparar pisos y tapar agujeros en donde se pueda acumular la materia orgánica
- Limpieza y desinfección de salas pobladas.
 - Dos veces al día retirar todas las heces y materia orgánica de los corrales y áreas comunes. Iniciar dos semanas antes de empezar con la medicación.
 - Desinfectar con hipoclorito de sodio.
- Eliminar a todos los animales enfermos o en mala condición corporal. Los que no comen, tratarlos tres días y si no mejoran eliminarlos.
- Una vez eliminada la enfermedad, los animales de reemplazo deben venir de hatos libres de Disentería. Se puede confirmar con PCR o aislamiento.
- Tratar a todos los lechones a los tres días de edad, a los 8, 14 y 21
- A los 21 días mover a los lechones a un sitio dos limpio.
- Diagnóstico para confirmar que limpiamos la granja. Se muestrean 20 animales al mes por seis meses.
- No se debe reciclar el agua de las lagunas o fosas cuando menos por tres meses posteriores a la eliminación.



Eliminación de *Mycoplasma hyopneumoniae*

La neumonía enzootica es una enfermedad respiratoria crónica de cerdos en crecimiento y se manifiesta con tos no productiva y persistente, retraso en el crecimiento, sube el índice de conversión, alta morbilidad y baja mortalidad.

Con la entrada de PRRS Y CVP2, cobro importancia en el complejo neumónico con alta morbilidad y mortalidad.

Las vacunas reducen considerablemente los signos clínicos, pero no previenen la infección, la transmisión, ni eliminan al agente. La vacunación en cerdas tiene poco efecto sobre los anticuerpos maternos en calostro.

Los antibióticos también ayudan al control de los signos, pero tampoco impiden la colonización de las células epiteliales en vías aéreas. Para que un antibiótico tenga buen resultado en el control debe alcanzar niveles significativos en el moco y fluidos de las vías respiratorias.

Los antibióticos utilizados para el control de la Neumonía enzootica incluyen: Tetraciclinas, kanamicina, eritromicina, valnemulina, tiamulina, enrofloxacin, oxitetraciclina, tilosina, tilmicosina y sulfonamidas. Sin embargo se han observado resistencias antimicrobianas con algunos de ellos después de tratamientos consecutivos. La presencia de infecciones concomitantes con VPRRS, CVP2 y virus de Influenza, con frecuencia ocasionan fallo en el tratamiento, mas por el complejo neumónico que por resistencia a los antibióticos.

Anteriormente existía poco interés por tener hatos libres por el costo de los programas, los rebrotes y la ausencia de animales de reemplazo libres de la enfermedad. Sin embargo ha cobrado importancia la eliminación incluso en hatos comerciales. Y casi todas las compañías de genética están libres de *M. hyopneumoniae*.

Programas de eliminacion de mycoplasma

- **Certificación de hato libre SPF:** intentaron eliminar *M.hyo* de las granjas de abuelas y bisabuelas, pero la reinfección era frecuentes por las deficientes medidas de bioseguridad.
- Al comenzar los programas e eliminación de PRRS, con el cierre de la explotación a entrada de reemplazos, y reposición con animales negativos, también se eliminaba *Mycoplasma*.
- Actualmente en este programa se refuerzan las medias con la vacunación y el tratamiento con antimicrobianos. Si bien se puede eliminar sin estas dos herramientas.
- Destete temprano medicado (MEW). Se usa con éxito para sacar animales a otro sitio de un hato infectado.
- Destete temprano segregado (SEW).
- La producción en sitios múltiples, Todo dentro- todo fuera han facilitado la eliminación de *Mycoplasma*.



Eliminacion de mycoplasma

También se puede erradicar retirando todos los cerdos de menos de diez meses de edad y haciendo una interrupción en los partos, o destetando fuera de los locales, durante al menos dos semanas. Es aconsejable la medicación diaria de todos los cerdos durante dos semanas. Debe realizarse limpieza y desinfección pero éstas son menos decisivas con *M. hyopneumoniae* que con la mayoría de otros patógenos debido a su baja tasa de supervivencia ambiental.

Herramientas para la eliminación

- Proporcionar al cerdo un medio ambiente óptimo.
- Buena calidad de aire.
- Buena ventilación.
- Buena temperatura ambiente.
- Espacio adecuado calculado al peso final.
- Numero de cerdos por sala.
- Manejo TD-TF.
- Destete temprano segregado y medicado.
- Producción en multisitios.
- Hato estable con menos del 30% de hembras de reemplazo.
- Cerrar el hato.
- Bioseguridad.
- Reducir el mezclado de fuentes.



ESTRATÉGIAS (INCLUINDO NUTRICIONAIS) NO AUXÍLIO DA REDUÇÃO DO USO DE ANTIMICROBIANOS

Gustavo J. M. M. de Lima

Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

Introdução

Os antimicrobianos são comumente usados na produção de suínos, muitas vezes para tratar infecções bacterianas importantes ou como uma medida preventiva contra as infecções primárias ou secundárias. Os antimicrobianos como melhoradores do desempenho cumprem papel importante no crescimento e desenvolvimento da indústria suinícola há mais de 50 anos, especialmente devido à sua eficiência no aumento da taxa de crescimento dos animais, melhorando a utilização dos alimentos e reduzindo a mortalidade pela diminuição da ocorrência de doenças [1]. Além disso, os antimicrobianos constituem-se em importantes ferramentas para a redução da emissão de poluentes no ambiente. Isto porque melhoram a eficiência alimentar e assim, aumentam a retenção de elementos nos tecidos animais e, por conseguinte, reduzem a excreção destes através da urina e fezes.

A intensificação da produção de suínos, observada ao longo das últimas décadas através do aumento da concentração de animais, tanto do ponto de vista de instalações como de unidades de produção, acarretaram na maior ocorrência de doenças, muitas delas causadas por agentes antes desconhecidos. A evolução tecnológica da produção, através do manejo, da nutrição, das instalações e da interação entre as unidades que compõem a cadeia de produção promoveram alterações na microbiologia presente no ambiente em que são criados os suínos. Este novo ambiente gerou condições para a maior pressão sanitária e a ocorrência de doenças, fazendo com que o uso profilático de produtos antimicrobianos, administrados principalmente através da dieta, ganhasse grande importância devido à facilidade de aplicação e dos resultados efetivos alcançados. Embora não seja a única causa, o amplo uso dos antimicrobianos colaborou para o aumento da seleção de microrganismos resistentes a antibióticos.

No entanto, os consumidores estão cada vez mais preocupados com a questão dos resíduos nas carnes e outros alimentos animais e a transmissão de microrganismos patogênicos resistentes à ação de antimicrobianos em animais e humanos, decorrentes do uso contínuo desta ferramenta nos sistemas de produção [2,3]. Como resultado, muitos países proibiram ou estão no processo de proibir a inclusão rotineira de antimicrobianos em dietas de suínos.

Em um programa de uso racional de antimicrobianos, existe uma série de medidas a serem tomadas antes de alterações na formulação das dietas. Há uma associação positiva entre aumento da adoção de medidas de biossegurança, com parâmetros de produção e redução do uso de antimicrobianos [4,5]. São vários os relatos de que os produtores tem a percepção de que a biossegurança é uma importante ferramenta para reduzir a ocorrência de doenças.



As medidas de higiene e outras medidas de gestão da produção, como a produção em lotes, também desempenham um papel na melhoria do estado de sanitário de um rebanho, diminuindo indiretamente a necessidade de agentes antimicrobianos [6]. De forma semelhante, o conforto ambiental das instalações dos suínos pode levar a uma menor pressão microbiana [7].

O programa de vacinação dos animais também pode ser visto como uma alternativa aos agentes antimicrobianos, pois deve reduzir a pressão de infecção e aumentar a imunidade. Portanto, a vacinação pode melhorar o estado geral de saúde dos suínos, diminuindo o risco de infecção (secundária). Vários estudos confirmam a redução do uso de antimicrobianos após a inclusão de vacinas no manejo sanitário das granjas [8 -15].

Como consequência da sinalização da sociedade na busca de redução do uso rotineiro de antimicrobianos com uso rotineiro nas dietas, muitas pesquisas têm sido realizadas nas últimas décadas com enfoque no desenvolvimento de alternativas aos antimicrobianos para manter a saúde e o desempenho dos suínos, e várias revisões já foram publicadas sobre este assunto. As alternativas mais pesquisadas incluem probióticos [16-184-6], prebióticos [16,19], enzimas [20 - 22], acidificantes [23 - 26] e extratos vegetais [16, 27, 28].

O objetivo deste artigo é revisar as alternativas mais promissoras para reduzir o uso de antimicrobianos na produção de suínos, ressaltando (1) alguns aspectos relacionados ao excesso de minerais e nitrogênio que influenciam no crescimento microbiano, em especial os patogênicos; e (2) apresentar um exemplo real de sistema de produção de suínos que não utiliza antimicrobianos nas dietas.

Zinco, Cobre e Cálcio

Para todos os microrganismos, o acesso a íons metálicos é essencial para a sua sobrevivência no meio ambiente ou no hospedeiro. Os íons metálicos são necessários em muitos processos biológicos como componentes de metaloproteínas e servem como cofatores ou elementos estruturais para enzimas. No entanto, é fundamental, do ponto de vista do crescimento microbiano, que as bactérias assegurem que a absorção e a disponibilidade do metal estejam de acordo com as suas necessidades fisiológicas, uma vez que o desequilíbrio na homeostasis da bactéria pode comprometer o seu crescimento.

O uso de prébióticos, probióticos, ácidos orgânicos e extratos de plantas são frequentemente recomendados como ferramentas para substituir o uso de antimicrobianos na dieta, mas parece que os sais de Zn e Cu possuem maior eficácia. O Zn vem sendo utilizado em doses farmacológicas desde o início dos anos 90, adicionado na forma de óxido, por duas a três semanas, porque promove aumento do ganho de peso e reduz a ocorrência de diarreia em leitões após o desmame [29 - 33]. Contudo, o uso de Zn, em doses muito acima dos níveis exigidos pelos animais (2400 a 3200 mg/kg) sempre foi um assunto de discussão porque, embora promova redução da ocorrência de diarreia e aumento no ganho de peso nos leitões, é um metal pesado que pode ser tóxico nessas concentrações além da maior parte ser eliminada nas fezes [34] podendo se acumular no solo, com risco de poluição ambiental e contaminação da água. Além disso, as altas concentrações de Zn no alimento podem acarretar no desenvolvimento da resistência antimicrobiana e podem regular a expressão de genes que modificam a resposta imune dos leitões [35].



Estudos demonstraram que Zn e Cu utilizados em altas concentrações por um período mais longo podem promover a propagação da resistência antimicrobiana da microbiota intestinal em suínos [36]. Foi demonstrado que a exposição prolongada a doses farmacológicas de Zn pode aumentar a resistência em alguma forma de microrganismos, inclusive *Escherichia coli* multirresistente em leitões tratados por quatro semanas com 2500 mg/kg na dieta, na forma de ZnO [37]. Outros autores [38] observaram aumento da prevalência e persistência de *Staphylococcus aureus* resistente à metilicina no pós-desmame de leitões tratados com altas doses de ZnO dietético. Foi observado que leitões desmamados que receberam dietas de sulfato de Cu (125 mg/kg) durante três semanas, o Cu apresentou impacto significativo na expressão de alguns genes [39]. O uso prolongado de metais pesados, como Zn e Cu, oferece pressão seletiva sobre bactérias resistentes a antimicrobianos, e essa é uma razão pela qual o uso de altas doses destes metais pode desempenhar um papel na manutenção da resistência antimicrobiana [40].

O mecanismo de ação do Zn contra a diarreia ainda não é bem compreendido, mas há várias hipóteses. Alguns autores sugeriram que altas concentrações de Zn dietético diminuem a permeabilidade intestinal, impedindo a translocação de bactérias patogênicas através da barreira intestinal [41]. No entanto, no tratamento da diarreia, apenas altas doses farmacológicas de Zn são eficientes. O Zn aumenta a síntese de Ig A no intestino e reduz a translocação de bactérias tanto anaeróbicas como produtoras de ácido láctico nos linfonodos mesentéricos [42]. Por outro lado, doses farmacológicas de Zn, durante quinze dias após o desmama, aumentaram a expressão do gene do peptídeo antimicrobiano PR-39 na medula óssea de leitões [43]. In vitro, o ZnO reduz a expressão de genes ligados a citocinas anti-inflamatórias, que são estimuladas por *E. coli* enterotóxicas. O Zn também protege a integridade da membrana intestinal através da redução da adesão e invasão de *E. coli* enterotóxicas [44].

A absorção de Zn ocorre, principalmente, no intestino delgado dos suínos, após esse mineral se combinar especificamente com a prostaglandina E₂ ou um de seus metabólitos no lúmen [45]. Vários componentes dietéticos podem afetar a absorção desse mineral tais como níveis altos de Ca, P, Cu, Cd e Cr, além de fitato e fibra [45].

Um estudo foi realizado para avaliar se o efeito de altos níveis de Zn suplementar na dieta sofre influência do nível dietético de Ca [46]. Nele, foram testados os efeitos de níveis de Zn (zero e 2400 ppm), na forma de óxido, em dietas contendo 0,80% (adequado) ou 1,20% de Ca. As dietas experimentais foram fornecidas aos animais durante duas semanas, sendo que nos 14 dias restantes do experimento todos os animais foram alimentados com uma única dieta contendo 150 ppm de Zn e 0,80% de Ca. Seis animais morreram por enterite, sendo que todos receberam dietas sem Zn suplementar: dois do grupo alimentado com a dieta com 0,80% Ca e os demais com 1,20% Ca. A adição de Zn promoveu uma redução significativa na frequência de animais com diarreia. Observou-se que dietas contendo maior nível de Ca ocasionaram maior ocorrência de diarreia nos leitões. Considerando-se o período total de experimento, o consumo diário de ração foi maior nos animais que receberam dietas contendo maior nível de Zn e nível adequado de Ca. A suplementação das dietas com 2400 ppm de Zn promoveu um aumento no ganho diário de peso dos leitões no período de suplementação e no período subsequente. Ao contrário, o maior nível de Ca na dieta reduziu o ganho diário de peso dos leitões nos primeiros 14 dias de experimento, talvez devido à redução da digestibilidade dos nutrientes



resultante da elevação do pH e à formação de quelatos com outros nutrientes no intestino. Verificou-se interação entre níveis de Zn e Ca para o ganho diário de peso no período total de experimento, sendo que os animais que não receberam Zn suplementar na dieta apresentaram respostas similares, independente do nível de Ca dietético. Em contrapartida, os leitões que consumiram dietas com 2400 ppm de Zn apresentaram menor ganho diário de peso quando o nível de Ca foi de 1,20%. Isto demonstra que a ação do Zn é maior quando o nível de Ca na dieta é adequado. Considerando-se o período total de experimentação, o uso de altos níveis de Zn na dieta acarretou melhor conversão alimentar, ao passo que esta variável não foi afetada pelo nível de Ca na dieta. Concluiu-se que a suplementação de 2400 ppm de Zn nas dietas de leitões após o desmame foi eficiente no controle da diarreia e no aumento do consumo diário de ração e ganho diário de peso. Altos níveis de Ca deprimem o desenvolvimento dos leitões, aumentando a ocorrência de diarreia e reduzindo a ação benéfica de doses farmacológicas de Zn na dieta [46].

O uso de complexos orgânicos de Cu e Zn dietéticos, que apresentam maior biodisponibilidade, permite obter melhoria no desempenho de leitões em comparação com suplementação com fontes inorgânicas desses metais [47]. Por exemplo, Zn orgânico pode ser usado em concentrações de 100 e 250 mg/kg e resultar em algum impacto positivo no crescimento de leitões [48]. Outra maneira de reduzir a quantidade de ZnO adicionada ao alimento é aumentar a área de superfície ativa da molécula pelo uso de produtos de alta porosidade ou introdução de nanopartículas. Os ensaios iniciais com esta forma de ZnO mostraram ser muito promissores. Nanopartículas de ZnO tem uma superfície de interação muito maior com o tecido gastrointestinal e a população microbiana, mostrando-se uma tecnologia muito promissora [49, 50]. A genotoxicidade dessas partículas é baixa. No entanto, estudos in vitro sobre linhas celulares mostraram que a indução de dano celular genotóxico também é observados nas concentrações de ZnO abaixo de 100 µg/ml [51], sendo já conhecidas as propriedades antibacterianas e o mecanismo de toxicidade das nanopartículas de ZnO [52].

Ferro

A quantidade de Fe no interior da célula é cuidadosamente regulada para fornecer um nível adequado do elemento, evitando a acumulação e a toxicidade. Acredita-se que o excesso de Fe gera estresse oxidativo, entendido como um aumento na concentração de intermediários radicais de oxigênio. Por outro lado, o Fe na luz intestinal é imprescindível para o crescimento de bactérias. Estas podem captar o Fe necessário e utilizá-lo no metabolismo possibilitando às mesmas exercer, com maior eficácia, o seu efeito patogênico. Portanto, não é desejável que haja falta, e muito menos, excesso de Fe na dieta.

A anemia por deficiência de Fe é comum entre humanos lactentes e crianças nas populações subdesenvolvidas. A fortificação de farinhas com Fe efetivamente reduz o risco de deficiência do elemento, garantindo que as necessidades sejam atendidas. No entanto, a dose de Fe administrada através das farinhas fortificadas é geralmente mais alta do que o necessário, o que aumenta o risco de diarreia [53]. Em estudos controlados, as farinhas fortificadas com Fe aumentam o risco de diarreia em lactentes, podendo variar de casos modestos a graves. Estudos recentes in vitro e in vivo forneceram informações sobre o mecanismo desse efeito. A provisão de fortificantes de Fe para crianças em idade escolar e farinhas fortificadas com Fe



para bebês desmamados diminui o número de bactérias intestinais comensais, como, por exemplo, as bifidobactérias. Além disso, aumenta a relação entre enterobactérias e bifidobacterias e a abundância de patógenos oportunistas, como *Escherichia coli* patogênica, induzindo a inflamação intestinal [53]. Assim, embora as farinhas fortificadas com Fe sejam altamente eficazes na redução da deficiência de ferro, eles podem aumentar a morbidade gastrointestinal.

Um aspecto interessante no metabolismo de Fe é o papel da lactoferrina, que é uma glicoproteína com alta afinidade pelo elemento, presente no leite da maioria dos mamíferos e mais abundante no leite humano [54]. A lactoferrina tem atividade antimicrobiana contra uma ampla gama de microorganismos patogênicos através de vários mecanismos antimicrobianos que explicam a sua ação. A lactoferrina reduz a disponibilidade de Fe, que é indispensável para o crescimento de microorganismos, devido à sua alta capacidade de ligação com o elemento, danifica as membranas dos microrganismos através de interações com sua região catiônica ou inibir a formação de biofilmes. Além disso, foi demonstrado que a lactoferrina exerce sinergicamente atividade antimicrobiana, favorecendo a predominância de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* [55,56]. Portanto, essa proteína atua seletivamente, inibindo o suprimento de Fe para as bactérias patogênicas e favorecendo o crescimento das bactérias benéficas.

Proteína bruta (Nitrogênio)

Embora as dietas devam ser formuladas com base em ingredientes digestíveis, como para aminoácidos digestíveis, por exemplo, ainda é comum se observar que um valor mínimo de proteína bruta é usado como restrição no cálculo das fórmulas. Esse detalhe faz com que a dieta tenha um teor maior de nitrogênio do que o necessário. Essas dietas com elevado teor de proteína bruta desempenham papel importante tanto para a biodisponibilidade de antimicrobianos, como as tetraciclinas [57] como para o desenvolvimento de certos microrganismos, como *E. Coli*, relacionada à ocorrência de diarreia pós-desmama [58]. Já em 1990 [59], pesquisadores da Embrapa observaram que dietas com 16% de proteína bruta, suplementadas com lisina e 2% de ácido cítrico preveniram a ocorrência de diarreia pós-desmama por *E. coli*, com desmame dos leitões realizado aos 35 dias de idade. Esses autores relataram que o excesso de proteína no estômago associado à imaturidade do sistema digestivo do leitão jovem promove a elevação prolongada do pH gástrico acima de 3,0, o que acarretaria na proliferação exagerada de *Escherichia coli*. A redução da proteína bruta da dieta promove melhora na saúde intestinal através da redução do pH e aumento da população de lactobacilos no cólon proximal [60-62].

A interação entre administração prévia de antimicrobianos e o teor de proteína bruta das dietas de leitões sobre o perfil de microrganismos no ceco foi estudada recentemente [63]. Esses autores não observaram efeito significativo da administração oral prévia de antimicrobianos sobre os principais grupos bacterianos. Entretanto, foi observado em leitões que receberam dietas de baixa proteína bruta o aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia curta (propionato e butirato) e redução na contagem de *Escherichia coli* aos 77 e 120 dias de idade, além de menor teor de produtos de fermentação de proteínas (amônia, fenol e indol aos 77 dias de idade e amônia, tiramina, cadaverina e indol aos 120 dias de idade). Os autores concluíram que o emprego de dietas com baixo teor de proteína bruta promoveu maior proliferação de bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta e redução na conta-



gem de *Escherichia coli* e nas concentrações de produtos de fermentação das proteínas [63].

A composição da dieta pode afetar a composição e o metabolismo da microbiota intestinal, reflexo da adaptação ao ambiente e à disponibilidade de substrato (nutrientes) [64]. O teor de proteína dietética tem importância significativa sobre a composição da população de bactérias intestinais [65,66]. O excesso de proteína sofre fermentação podendo formar metabólitos derivados de aminoácidos [67] tais como amônia, ácidos graxos de cadeia ramificada e compostos fenólicos que podem ser tóxicos ao epitélio intestinal [68,69]. Em suínos foi observado que os níveis de proteína na dieta afetam a composição bacteriana e seu metabolismo no intestino grosso. Estudos indicaram que uma dieta de baixa proteína bruta, obtida com a inclusão de aminoácidos industriais, pode reduzir a formação de produtos de fermentação protéica e mudança de comunidades bacterianas no intestino grosso [70,71]. Foi observado [72] que dietas com baixos teores de proteína bruta reduzem marcadamente a fermentação protéica no intestino grosso promovendo redução nas contagens de *Escherichia coli* potencialmente patogênica e aumento nas contagens de bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia ramificada. Por causa da complexidade das reações metabólicas e interconversões envolvendo a microbiota e seu meio ambiente, é muito importante que novos estudos sejam realizados, especialmente envolvendo análise metagenômica para melhor explicar as alterações na microbiota sob diferentes condições de substrato (dieta), em especial em animais submetidos a diferentes níveis de proteína bruta.

Produção de suínos em família, sem uso preventivo de antimicrobiano e privilegiando o bem-estar animal - o modelo desenvolvido pela Embrapa

O estresse submetido aos animais pela mistura de indivíduos de diferentes leitegadas ou de diferentes granjas ocorre devido a brigas entre os leitões que buscam o estabelecimento de uma nova hierarquia na baia, favorecendo a transmissão horizontal de agentes patogênicos, normalmente presentes em subpopulações de leitões portadores. Esta situação normalmente ocorre ao desmame ou à saída de creche, e constitui-se em fatores relevantes para a transmissão e manifestação de problemas sanitários. Considerando esses aspectos, foi desenvolvido na Embrapa Suínos e Aves um sistema de produção alternativo de suínos em baixa escala, utilizando princípios de produção em família sem o uso de antimicrobianos promotores de crescimento, preventivos ou curativos, nas dietas ou na água, como alternativa para pequenos produtores [73, livre acesso através de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/442748/producao-de-suinos-em-familia-sem-uso-preventivo-de-antimicrobiano-e-privilegiando-o-bem-estar-animal>]. Esse sistema foi estudado ao longo de três anos em uma granja em ciclo completo, sendo que atualmente está sendo operada como unidade de referência tecnológica para o treinamento de técnicos multiplicadores dessa tecnologia, facilitando o processo de transferência de conhecimento. Os pilares básicos desse sistema são: (1) produção em lotes, com idade média de desmame de 28 dias e abate aos 167 dias de idade, em média; (2) alojamento dos animais em famílias, onde os leitões eram criados em família (mesma leitegada/baia) do nascimento ao abate, havendo apenas mudança de baia no desmame e saída de creche, mas jamais mistura de leitões de diferentes leitegadas; (3) ênfase em medidas que valorizassem a biossegurança do sistema de



produção e uso de técnicas adequadas de produção no manejo diário dos animais foram seguidas [74]; (4) alimentação baseada em formulação com níveis nutricionais para atender os níveis preconizados recomendados para as genéticas atuais, mas reduzindo o nível total de proteína bruta com o uso de aminoácidos industriais; redução da inclusão de farelo e ingredientes à base de soja nas dietas; redução dos níveis de cálcio total calculado para cerca de 0,65%, nas dietas dos leitões na maternidade e creche; uso de altos níveis de plasma spray dried nas dietas de maternidade e creche e 0,5 – 1,0% nas dietas de alojamento dos suínos em crescimento e terminação e porcas em gestação e lactação; uso de probióticos em todas as dietas de animais jovens e adultos.

Os bons resultados de desempenho e de saúde obtidos em diferentes experimentos [73,75], mesmo sem o uso de antimicrobianos preventivos, são atribuídos à manutenção dos leitões na mesma leitegada (sem mistura) do nascimento até o abate, à baixa escala de produção e à redução de fatores de risco que exacerbam a ocorrência de doenças. Quando suínos são alojados em família, sem mistura com outras leitegadas, há um bom nível de bem-estar, com redução do estresse e diminuição na transmissão horizontal de agentes infecciosos. Aliás, quando os leitões são movidos e misturados, há um grande efeito negativo sobre o estresse [76, 77], além de maior transmissibilidade horizontal de agentes infecciosos.

Conclusão

Atualmente, com a restrição e mesmo proibição do uso de antimicrobianos melhoradores de desempenho, alternativas interessantes surgiram, porém seu uso deve vir acompanhado de melhorias nas técnicas de produção. Após um exame detalhado das experiências em diversos países, em diferentes tipos de sistema de produção, podemos destacar como mais importantes:

- Melhoria das condições de biossegurança, reduzindo a entrada de patógenos no rebanho.
- Idade ao desmame próximo aos 28 dias.
- Redução da mistura de animais e lotes.
- (4) Produção em lotes, enfatizando a limpeza, desinfecção e vazio sanitário das instalações.
- Melhorar o ambiente nas instalações com redução das variações de temperatura, umidade, etc.
- Uso de acidificantes na dieta e na água.
- Programa preventivo através de vacinações.
- Redução da densidade populacional.
- Melhoria da qualidade da alimentação, reduzindo-se o uso de farelo de soja e aumentando a inclusão de ingredientes de alta digestibilidade.
- Uso de aditivos alimentares que melhoram a saúde intestinal.
- Formulação das dietas mais precisas, evitando-se excedentes de N (proteína bruta), Ca e Fe.



- Utilizar fontes alternativas de Cu e Zn, que sejam moléculas orgânicas ou em nanopartículas.
- Melhoria da qualidade da água.

Referências

1. Cromwell GL: Why and how antibiotics are used in swine production. *Anim Biotechnol* 2002, 13:7-27.
2. [Vondruskova H, Slamova R, Trckova M, Zraly Z, Pavli I: Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhea in weaned piglets: a review. *Vet Med* 2010, 55:199-224.
3. Van der Fels-Klerx HJ, Puister-Jansen LF, Van Asselt ED, Burgers SL: Farm factors associated with the use of antibiotics in pig production. *J Anim Sci* 2011, 89:1922-1929.
4. Laanen, M., Maes, D., Hendriksen, C., Gelaude, P., De Vliegheer, S., Rosseel, Y., Dewulf, J. Pig, cattle and poultry farmers with a known interest in research have comparable perspectives on disease prevention and on-farm biosecurity. *Prev. Vet. Med.* 2014. 115:1-9.
5. Laanen, M., Persoons, D., Ribbens, S., de Jong, E., Callen, B., Strubbe, M., Maes, D., Dewulf, J. Relationship between biosecurity and production / antimicrobial treatment characteristics in pig herds. *Vet. J.* 2013. 198: 508-512.
6. Zimmermann, W., Odermatt, W., Tschudi, P. Enzootic pneumonia (EP): the partial curing of EP-reinfected swine herds as an alternative to total cure. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde.* 1989. 131:179-186.
7. Dee, S., Spronk, G., Reicks, D., Ruen, P., Deen, J. Further assessment of air filtration for preventing PRRSV infection in large breeding pig herds. *Vet. Rec.* 2012. 167: 976-977.
8. Adam, M. A meta-analysis on field experiences with vaccination against ileitis showing a reduction on antibiotic use. In: 8th International Symposium on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork (SafePork), Quebec, Canada, 2009. p. 3303.
9. Brockhoff, E., Cunningham, G., Misutka, C. A retrospective analysis of a high health commercial pig production system showing improved production and reduced antibiotic use after implementation of a PCV2 vaccination. In: 8th International Symposium on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork (SafePork), Quebec, Canada, 2009. pp. 182-187.
10. Aerts, R., Wertenbroek, N. Implementing PCV2 vaccination resulting in reduction of antibiotic use on Dutch farrow-to-finish farm. In: 9th International Symposium on the Epidemiology and Control of Food-borne Pathogens in Pork (SafePork), Maastricht, The Netherlands, 2011. pp.339-340.
11. Bak, H. A new advisory tool to help practitioners reduce antibiotic consumption in pig herds. In: 9th International Symposium on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork (SafePork), Maastricht, The Netherlands, 2011. pp. 134-137.
12. Bak, H., Rathkjen, P.H., Adam, M. Strategy to reduce antibiotic use in Danish nurseries and finishing units. In: 9th International Symposium on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork (SafePork), Maastricht, The Netherlands, 2011. p. 3373.
13. Coube, J., Serrano, E., Pottier, D., Jagu, R., Adam, M. Improvement in growth parameters and reduction in antibiotics use in a farrow to finish herd following successive implementation of vaccination with Ingelvac CircoFLEX and Enterisol Ileitis. In: 22nd International Pig Veterinary Society Congress (IPVS), Jeju, South Korea, 2012. p. 379.



14. Koenders, K., Wertenbroek, N. Implementing PCV2 vaccination results in reduction of antibiotic use and improved technical results on a Dutch farrow-to-finish farm. In: 22nd International Pig Veterinary Society Congress (IPVS), Jeju, South Korea, 2012. p. 940.
15. Tebar, S., Caravaca, I.H., Coll, T., Celma, S. Mycoplasma vaccination: the integrator point of view. In: 22nd International Pig Veterinary Society Congress (IPVS), Jeju, South Korea, 2012. p. 699.
16. Jacela JY, DeRouchey JM, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL, Renter DG, Dritz SS: Feed additives for swine: fact sheets-prebiotics and probiotics, and phytochemicals. J Swine Health Prod 2010, 18:132-136.
17. Simon O: An interdisciplinary study on the mode of action of probiotics in pigs. J Anim Feed Sci 2010, 19:230-243.
18. Cho JH, Zhao PY, Kim IH: Probiotics as a dietary additive for pigs: a review. J Anim Vet Adv 2011, 10:2127-2134.
19. Halas V, Nochtal I: Mannan oligosaccharides in nursery pig nutrition and their potential mode of action. Animals 2012, 2:261-274.
20. Thacker PA: Recent advances in the use of enzymes with special reference to β -glucanases and pentosanases in swine rations. Asian-Aust J Anim Sci 2000, 13:376-385 (Special Issue).
21. Jacela JY, DeRouchey JM, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL, Renter DG, Dritz SS: Feed additives for swine: fact sheets-carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. J Swine Health Prod 2009, 17:325-332.
22. Adeola O, Cowieson AJ: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. J Anim Sci 2011, 89:3189-3218.
23. Jacela JY, DeRouchey JM, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL, Renter DG, Dritz SS: Feed additives for swine: fact sheets-acidifiers and antibiotics. J Swine Health Prod 2009, 17:270-275.
24. Kil DY, Kwon WB, Kim BG: Dietary acidifiers in weanling pig diets: a review. Revista Colombiana de Doencias Pecuarias 2011, 24:1-22.
25. Suruanarayana MV, Suresh J, Rajasekhar MV: Organic acids in swine feeding: a review. Agric Sci Res J 2012, 2:523-533.
26. Papatsiros VG, Billinis C: The prophylactic use of acidifiers as antibacterial agents in swine. In Antimicrobial agents. Edited by Bobbarala V; 2012. 295 -310.
27. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A: Use of phytochemical products as feed additives for swine and poultry. J Anim Sci 2008, 86(E. Suppl):E140-E148.
28. Liu HW, Tong JM, Zhou DW: Utilization of Chinese herbal feed additives in animal production. Agric Sci China 2011, 10:1262-1272.
29. Botelho, F.G.; Miyada, V.S.; Menten, J.F.; Beduschi Neto, F.; Packer, I.U. Efeito de altos níveis de zinco suplementar em dietas semicomplexas de leitões recém desmamados. XXXII Reunião Anual da S.B.Z. Anais... Brasília, 1995. pp.484-485.
30. Holm, A. Escherichia coli-betinget fravaenningsdiarr hos gris. Zinkoxid tilsat foderet som antibacteriel princip. Dan. Veterinaertidsskr. 1988. 72:1118.
31. Lima, G.J.M.M.; Guidoni, A.L.; Mores, N.; Bertol, T.M.; Gil, L.H.G.V. Efeito do uso de diferentes fontes de óxido de zinco em dietas de leitões após o desmame. In: XXXIII Reunião Anual da S.B.Z. Anais... Fortaleza. 1996. pp.177-179.



32. Lima, G.J.M.M.; Mores, N.; Fialho, F.B.; Brito, M.A.V.P.; Gomes, P.C. Efeito do período de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados. Rev. Soc. Bras. Zootec. 1994. 23(6): p.949-958.
33. Lima, G.J.M.M.; Mores, N.; Guidoni, A.L.; Brito, M.A.V.P.; Zanotto, D.L. Níveis de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados. VI Congresso Bras. da ABRAVES. Anais... Goiânia. 1993. p.156.
34. Cristani, J.; Mores, N.; Riet-Correa, F.; Barioni Jr., W.; Lima, G.J.M.M.; Bertol, T.M.; Zanotto, D.L. 1997. Níveis de Zn nos tecidos e fezes de leitões suplementados com 2400 ppm de Zn para o controle da diarreia pós desmame. In: VIII Congresso Bras. da ABRAVES. Anais... Foz do Iguaçu. 1997. pp.243-244.
35. Debski, B. Supplementation of pigs diet with zinc and copper as alternative to conventional antimicrobials. Polish J. of Vet. Sci. 2016. 19 (4): 917-992.
36. Holzel, C.S.; Muller, C.; Harms, K.S.; Mikolajewski, S.; Schwaiger, K.; Bauer, J. Heavy metals in liquid pig manure in light of bacterial antimicrobial resistance. Environ. Res. 2012. 113: 21-27.
37. Bednorz, C.; Oelgeschlager, K.; Kinnemann, B.; Hartmann, S.; Neumann, K.; Pieper, R.; Bethe, A.; Semmler, T.; Tedin, K.; Schierack, P.; Wieler, L. H.; Guenther, S. The broader context of antibiotic resistance: zinc feed supplementation of piglets increases the proportion of multi-resistant *Escherichia coli* in vivo. Int. J. Med. Microbiol. 2013. 303: 396-403.
38. Slifierz, M. J.; Friendship, R.; Weese, J. S. Zinc oxide therapy increases prevalence and persistence of methicillin-resistant *Staphylococcus* in pigs: a randomized controlled trial. Zoonoses Public Health. 2014. 62: 301-308.
39. Agga, G. E.; Scott, H. M.; Vinasco, J.; Nagaraja, T. J.; Amachawadi, R. G.; Bai, J.; Norby, B.; Renter, D. G.; Dritz, S. S.; Nelssen, J. L.; Tokach, M. D. Effects of chlortetracycline and copper supplementation on the prevalence, distribution, and quantity of antimicrobial resistance genes in the fecal metagenome of weaned pigs. Prev. Vet. Med. 2015. 119: 179-189.
40. Holman, D. B.; Chenier, M. R. Antimicrobial use in swine production and its effect on the swine gut microbiota and antimicrobial resistance. Can. J. Microbiol. 2015. 61: 785-798.
41. Zhang, B.; Guo, Y. Supplemental zinc reduced intestinal permeability by enhancing occluding and zonula occludens proteins 1 (ZO-1) expression in weaning piglets. Br. J. Nutr. 2009. 102: 687-693.
42. Broom, L. J.; Miller, H. M.; Kerr, K. G.; Knapp, J. S. Effects of zinc oxide and *Enterococcus faecium* SF68 dietary supplementation on the performance, intestinal microbiota and immune status of weaned piglets. Res. Vet. Sci. 2006. 80: 45-54.
43. Wang, Y. Z.; Xu, Z. R.; Lin, W. X.; Huang, H. Q.; Wang, Z. Q. Developmental gene expression of antimicrobial peptide PR-39 and effect of zinc oxide on gene regulation of PR-39 in piglets. J. Anim. Sci. 2004. 17: 1635-1640.
44. Roselli, M.; Finamore, A.; Garaguso, I.; Britti, M. S.; Mengheri, E. Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli*. J. Nutr. 2003. 133: 4077-4082.
45. Miller, E.R., Stowe, M.D.; Ku, P.K.; Hill, G.M. Copper and zinc in swine nutrition. In: National Feed Ingredients Association. Copper and zinc in animal nutrition. Iowa, NFIA. 1979. p.1-139.
46. Lima, G.J.M.M.; Zanotto, D.L.; Bellaver, C.; Bertol, T. M.; Mores, N. Efeito de altos níveis de zinco suplementar associado ao teor de cálcio em dietas de suínos desmamados. In: VIII Congresso Bras. da ABRAVES. Anais... Foz do Iguaçu, 1997. p.373-374.



47. Hernandez, A.; Pluske, J.R.; D'Souza, D.N.; Mullan, B.P. Levels of copper and zinc in diets for growing and finishing pigs can be reduced without detrimental effects on production and mineral status. *Animal*. 2008. 2: 1763-1771.
48. Mullan, B.P.; Wilson, R.H.; Harris, D.; Allen, J.G.; Naylor, A. Supplementation of weaning pig diets with zinc oxide or Bioplex TM Zinc. *Pig Industry*, 2007. 1288. en.engormix/pig/supplementation-weaner-pig/141-pO
49. Malka, E.; Perelshtein, I.; Lipovsky, Y.; Shalom, Y.; Naparstek, L.; Perkas, N.; Patrick, T.; Lubart, R.; Nitzan, Y.; Banin, E.; Gedanken, A. Eradication of multi-drug resistant bacteria by a novel Zn-doped CuO nanocomposite. *Small* 2013. 9: 4069-4076.
50. Tayel, A.A.; El-Tras, W.F.; Moussa, S.; El-Baz, A.F.; Mahrous, H.; Salem, M.F.; Brimer, L. Antibacterial action of zinc oxide nanoparticles against foodborne pathogens. *J. Food Safety*. 2011. 31: 211-218.
51. Demir, E.; Akca, H.; Kaya, B.; Burgucu, D.; Tokgun, O.; Turna, F.; Aksakal, S.; Vales, G.; Creus, A.; Marcos, R. Zinc oxide nanoparticles: genotoxicity, interaction with UV-light and cell-transforming potential. *J. Hazard Mater*. 2014. 264: 420-429.
52. Sirelkhatim, A.; Mahmud, S.; Seeni, A.; Kaus, N.H.; Ann, L.C.; Bakhori, S.K.; Hasan, H.; Mohamad, D. Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-Micro Letters* 2015. 7: 219-242.
53. Paganin, D.; Uyoga, M. A.; Zimmermann, M. B. Iron Fortification of Foods for Infants and Children in Low-Income Countries: Effects on the Gut Microbiome, Gut Inflammation, and Diarrhea. *Nutrients*. 2016. 8: 494-504.
54. Oda, H.; Wakabayashi, H.; Yamauchi, K.; Abe, F. Lactoferrin and bifidobacteria. *Biometals*. 2014. 27:915-922.
55. Wang, Y. Z.; Shan, T. Z.; Xu, Z. R.; Feng, J.; Wang, Z. Q. Effects of the lactoferrin (LF) on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2007.135: 263-272.
56. Donovan, S. M. The role of lactoferrin in gastrointestinal and immune development and function: a preclinical perspective. *The J. Pediatrics*. 2016. 173S: S16-S28.
57. Granados-Chinchilla, F.; Rodríguez, C. Bioavailability of in-feed tetracyclines is influenced to a greater extent by crude protein rather than calcium. *Animal Feed Sci. Tech*. 2016.42: 188-196.
58. Proházka, L.; Baron, F. The predisposing role of high dietary protein supplies in enteropathogenic *E. coli* infections of weaned pigs. *Zentralbl. Veterinaermed*. 1980. 27: 222-232.
59. Morés, N.; Marques, J. L.; Sobestiansky, J.; Oliveira, A.; Coelho, L. S. Influência do nível protéico e/ou da acidificação da dieta sobre a diarreia pós-desmame em leitões causada por *Escherichia coli*. *Pesq. Vet. Bras*. 1990.10:85-88.
60. Nyachoti, C. M.; Omogbenigun, F. O.; Rademacher, M.; Blank, G. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino-acid supplemented diets. *J. Anim. Sci*. 2006. 84: 125-134.
61. Wellock, I. J.; Fortomaris, P. D.; Houdijk, J. G. M.; Kyriazakis, I. Effect of weaning age, protein nutrition and enterotoxigenic *Escherichia coli* challenge on the health of newly weaned piglets. *Livestock Science*. 2007. 108: 102-105.
62. Wellock, I. J.; Fortomaris, P. D.; Houdijk, J. G. M.; Kyriazakis, I. The effect of dietary protein supply on the performance and risk of post-weaning enteric disorders in newly weaned pigs. *Anim. Sci*. 2006. 82: 327-335.



63. Zhang, C.; Yu, M.; Yang, Y.; Mu, C.; Su, Y.; Zhu, W. Effect of early antibiotic administration on cecal bacterial communities and their metabolic profiles in pigs fed diets with different protein levels. *Anaerobe*. 2016.42: 188-196.
64. Scott, K.P.; Gratz, S.W.; Sheridan, P.O.; Flint, H.J.; Duncan, S.H. The influence of diet on the gut microbiota, *Pharmacol. Res.* 2013. 69: 52-60.
65. Liu, X.; Blouin, J.M.; Santacruz, A.; Lan, A.; Andriamihaja, M.; Wilkanowicz, S.; Benetti, P.H.; Tome, D.; Sanz, Y.; Blachier, F.; Davila, A.M. High-protein diet modifies colonic microbiota and luminal environment but not colonocyte metabolism in the rat model: the increased luminal bulk connection, *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver. Physiol.* 2014. 307: G459-G470.
66. Mu, C.L.; Yang, Y.X.; Luo, Z.; Guan, L.L.; Zhu, W.Y. The colonic microbiome and epithelial transcriptome are altered in rats fed a high-protein diet compared with a normal-protein diet, *J. Nutr.* 2016. 146: 474-483.
67. Nyangale, E.P.; Mottram, D.S.; Gibson, G.R. Gut microbial activity, implications for health and disease: the potential role of metabolite analysis, *J. Proteome Res.* 2012. 11: 5573-5585.
68. Geypens, B.; Claus, D.; Evenepoel, P.; Hiele, M.; Maes, B.; Peeters, M.; Rutgeerts, P.; Ghooos Y. Influence of dietary protein supplements on the formation of bacterial metabolites in the colon, *Gut*. 1997. 41:70-76.
69. Rist, V.T.; Weiss, E.; Eklund, M.; Mosenthin R. Impact of dietary protein on microbiota composition and activity in the gastrointestinal tract of piglets in relation to gut health: a review, *Animal*. 2013. 7: 1067-1078.
70. Luo, Z.; Li, C.B.; Cheng, Y.F.; Hang, S.Q.; Zhu, W.Y. Effects of low dietary protein on the metabolites and microbial communities in the caecal digesta of piglets, *Arch. Anim. Nutr.* 2015. 69:212-226.
71. Zhou, L.P.; Fang, L.D.; Sun, Y.; Su, Y.; Zhu, W.Y. Effects of the dietary protein level on the microbial composition and metabolomic profile in the hindgut of the pig, *Anaerobe*. 2016. 38:61-69.
72. Zhang, C; Yu, M; Yang, Y.; Mu, C.; Su, Y.; Zhu, W. Effect of early antibiotic administration on cecal bacterial communities and their metabolic profiles in pigs fed diets with different protein levels. *Anaerobe*. 2016. 42:188-196.
73. Mores, N.; Amaral, A. L. ; Lima, G. J. M. M.; Dalla Costa, O. A ; Coldebella, A.; Miele, M. ; Sandi, A. J.; Oliveira, P. A. V. Produção de suínos em família, sem uso preventivo de antimicrobiano e privilegiando o bem-estar animal. 1. ed. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2013. 1: 114. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/442748/producao-de-suinos-em-familia-sem-uso-preventivo-de-antimicrobiano-e-privilegiando-o-bem-estar-animal>
74. Amaral, A. L.; Silveira, P. R. S.; Lima, G. J. M. M. et al. Boas práticas de produção de suínos. Circular Técnica, 50, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, 2006. 60p.
75. Raymaker, R.; Stockhofe-Zurwieden, N.; Van Der Peet-Schwering, C. Restricted contact structures result in a significant reduction of pneumonia in slaughter pigs. In: International Pig Veterinary Society Congress, 20th, Durban, 2008. Proceedings... IPVS, 2008. p.231.
76. Martinsson, K.; Olsson, O. Breeding of pigs in the same pen from birth to slaughter. II: Effects on production and health. In: International Pig Veterinary Society Congress, 13th, Bangkok, 1994. Proceedings... IPVS. 1994. p.499.
77. Pedersen, B. K.; Jensen, T.; Baekbo, P. Production in pigs reared in the same pen from farrow to finish or from weaning to finish. In: International Pig Veterinary Society Congress, 16th, Melbourne, 2000. Proceedings... IPVS, 2000, p.358.



SANIDADE

**Doenças Emergente e
Reemergentes**



O AUMENTO DA FREQUÊNCIA DE SALMONELA CLÍNICA NO BRASIL

Jalusa Deon Kich¹, Mariana Meneguzzi² e Caroline Reichen³

¹ Pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

² Graduanda do curso de Medicina Veterinária do Instituto Federal Catarinense - IFC, Concórdia, SC

³ Mestranda do curso de Pós-graduação em Produção e Sanidade Animal do Instituto Federal Catarinense IFC, Concórdia, SC

Introdução

A atividade suinícola é um expoente econômico e cultural que gera renda para famílias de agricultores, emprego direto nas agroindústrias e indireto nas atividades relacionadas, também contribui sobremaneira para o balanço comercial e PIB do país. A manutenção e acesso a mercados exigem a superação de desafios dentre os quais merecem atenção a sustentabilidade das propriedades, o bem estar dos animais, a melhoria da biosseguridade das granjas e o status sanitário do rebanho. O maior obstáculo sanitário deriva do crescente número de animais nos plantéis suinícolas aliado ao reaparecimento de enfermidades de grande impacto na cadeia de produção. Dentre as inúmeras patologias que afetam os suínos, a salmonelose clínica desponta com grande importância nos últimos anos.

A contaminação por salmonelas na suinocultura se caracteriza por dois problemas: a presença de sorovares patogênicos, adaptados ao suíno, que provocam gastroenterites e septicemias e a presença de sorovares que não causam doença nos animais, mas são as principais fontes de contaminação das carcaças nos abatedouros e que podem infectar seres humanos. Porém, o foco deste relato é o aumento e caracterização da salmonelose clínica que vem ocorrendo nos últimos anos no Brasil.

Etiologia

A suinocultura intensiva favorece a ocorrência e recrudescimento de enfermidades que causam impacto econômico a agravamento da saúde dos animais. Neste contexto, a salmonelose tem aumentando em relevância devida a crescente ocorrência nos últimos anos e a emergência de cepas multirresistentes aos antimicrobianos.

O gênero *Salmonella* é dividido em duas espécies, a *Salmonella bongori* com 23 sorovares conhecidos e a *Salmonella* (*S.*) *enterica*, subdividida em seis subespécies: *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae*, *indica*, tendo sido descritos 2.579 sorovares até 2007 (GRIMONT; WEILL, 2007). Entre os sorovares que compõem a subespécie *Salmonella enterica enterica*, se encontram aqueles que possuem multi-hospedeiros como é o caso do Typhimurium que pode estar ou não envolvido com enterocolite; sorovares que não causam doença nos animais, mas podem entrar na cadeia de produção de alimentos; e finalmente os sorovares adaptados ao hospedeiro que ultrapassam a barreira intestinal e causam septicemia desenvolvendo doença generalizada grave, no suíno o sorovar Choleraesuis.



Outros sorovares podem ocasionalmente causar a doença clínica em suínos, mas geralmente são associados a fatores predisponentes, incluindo debilitação, distúrbios intestinais e outras circunstâncias que permitem que suínos imunologicamente comprometidos sejam expostos a doses elevadas do agente. A *Salmonella* Heidelberg tem sido associada à diarreia pós-desmame com lesões leves em leitões (CARLSON et al., 2012) e a Derby registrada como causa de diarreia em suínos (www.thepigsite.com).

Epidemiologia

São inúmeras as fontes de infecções por *Salmonella*, figurando entre as mais relevantes a presença da bactéria nas fezes, a contaminação residual no ambiente da granja, ração e água, presença de vetores e fômites. Especificamente para a *S. Choleraesuis*, a principal fonte de infecção é o próprio suíno, o patógeno é isolado de animais doentes e/ou portadores e dificilmente é encontrado em outros locais como ambiente e ração (WILCOCK; SCHWARTZ, 1992; CARLSON et al., 2012). Para os outros sorovares as fontes de infecção são consideradas infinitas e o suíno é um filtro biológico que se infecta e passa a excretar, contaminando o ambiente e infectando outros animais. Os demais hospedeiros como cães, gatos, pássaros, roedores e invertebrados se comportam como portadores, excretadores e vetores, disseminando a *Salmonella* pelo sistema de produção.

O reservatório de bactérias do gênero *Salmonella* é o trato intestinal de animais de sangue quente e frio. Este agente tem praticamente todos os atributos necessários para garantir ampla distribuição, incluindo hospedeiros de reservatórios abundantes, uso de vetores de transmissão e a eliminação fecal eficiente de animais portadores no meio ambiente (CARLSON et al., 2012).

O estado de portador assintomático com a possibilidade de reativar a excreção de *Salmonella*, especialmente em momentos de estresse como transporte e mistura de animais, é crítico na transmissão da bactéria entre os suínos. A via mais tradicional de transmissão do agente é a fecal-oral, mas secreções orofaríngeas também podem ser contaminadas, permitindo assim a propagação nariz-a-nariz da doença. A transmissão em distâncias curtas é possível através de aerossóis contaminados, fezes e partículas de poeira (GRIFFITH et al. 2006).

Outra característica importante é a habilidade da *Salmonella* em persistir no ambiente e se multiplicar fora do organismo animal em condições favoráveis de presença de matéria orgânica, umidade e temperatura. Tais condições evidenciam a importância das medidas de biossegurança externas e internas e boas práticas de produção como pré-requisitos fundamentais para o controle dessa infecção nas granjas, já que, mundialmente, a sua erradicação é considerada praticamente impossível.

Histórico

Os dados de pesquisa brasileira sobre a dinâmica de infecção de *Salmonella* em todos os elos da cadeia de produção de suínos, fábrica de rações, granjas e frigoríficos, tem foco na segurança dos alimentos. Ou seja, o objetivo é entender o problema para definir estratégias de controle de forma que o produto carcaça/carne suína seja o menos inócua possível e atenda critérios de proteção aos consumidor.



Todavia, a exemplo de outros países onde a salmonelose clínica ocorre de forma frequente, é preciso se debruçar sobre uma nova realidade que vem ocorrendo nos últimos anos no Brasil: “o aumento da incidência de casos clínicos distribuídos em todas regiões produtoras de suínos”. A expansão da salmonelose clínica tem sido registrada nos laboratórios de diagnóstico especializados a partir de 2011, principalmente nas regiões com maior produção de suínos, como Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Se fizermos uma retrospectiva de trabalhos publicados em anais das Abraves, dentro das dezessete edições anteriores do evento, praticamente não houveram publicações que abordassem o tema salmonelose clínica, com exceção de 2011 onde foi relatado caso de infecção urinária em porcas e pneumonia em suínos de creche. Os trabalhos relacionados à *Salmonella* se concentraram na área de segurança dos alimentos. Deste modo, se justificam os esforços para conhecer melhor a situação brasileira, bem como produzir resultados que ajudem os colegas a combater o problema no campo.

Distribuição geográfica

A doença é endêmica nas granjas de suínos, com ocorrência crescente nos últimos anos, principalmente em estados com maior representatividade na atividade suinícola. Também é importante frisar que os números mais elevados de casos da doença coincidem com os estados onde se localizam laboratórios de diagnóstico especializado em suínos. Segundo Vanucci et al (2014), mais de 60 isolados de *Salmonella* Choleraesuis foram obtidos a partir de surtos de salmonelose suína em 16 sistemas diferentes, distribuídos em quatro estados brasileiros (Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), no ano de 2013. No último International Pig Veterinary Society Congress - IPVS, foi comunicado o isolamento de 64 amostras de *Salmonella* Choleraesuis, envolvidas em surtos com transtornos respiratórios e circulatórios, entre 2013 e 2015, procedentes de nove estados brasileiros (SANTOS et al., 2016).

Entre os anos de 2016 e 2017, 136 amostras oriundas de casos clínicos de salmonelose isoladas em cinco laboratórios de diagnóstico foram enviadas à Embrapa Suínos e Aves para caracterização fenotípica e genotípica. A Figura 1 apresenta a ocorrência anual dos casos estudados, demonstrando uma concentração no ano de 2016 (53/136). Enquanto que a distribuição geográfica destes 136 casos clínicos demonstra a abrangência do problema ocorrendo em 10 estados e 63 municípios.

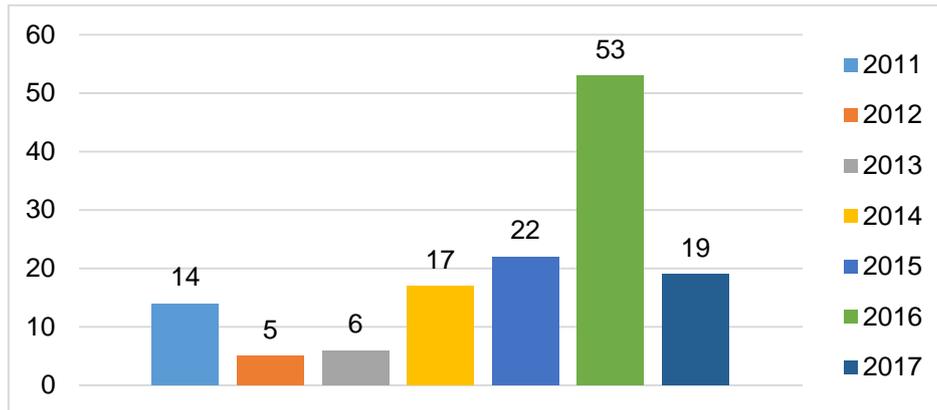


Figura 1. Distribuição anual de 136 isolados de *Salmonella* de casos clínicos brasileiros de 2011 a 2017.

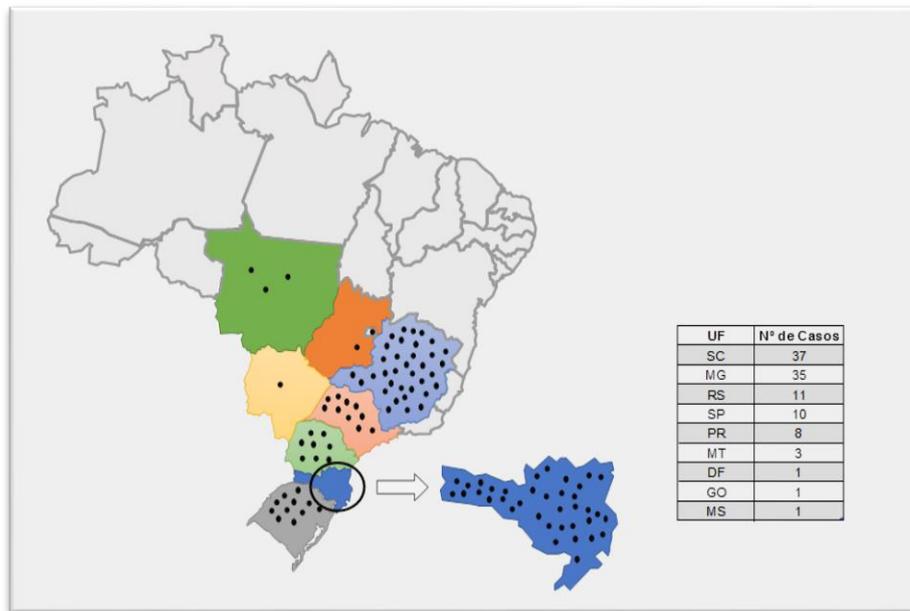


Figura 2. Distribuição por estado dos isolados de *Salmonella* de casos clínicos de 2011 a 2017.

Fases de produção

A salmonelose pode atingir animais entre cinco semanas a quatro meses de vida. No entanto, ela é mais comum em suínos em crescimento com mais de oito semanas de idade.

Em estudo realizado com amostras provenientes de quatro estados brasileiros, a faixa etária dos animais afetados foi entre 28 e 121 dias. Nove das 16 granjas tiveram surtos na fase de creche, que corresponde a idade entre 21 e 60 dias, quatro no crescimento, com idade entre 60 e 110 dias e três com mais de 110 dias, na fase de terminação (VANUCCI et al., 2014).

Nos casos evidenciados no Brasil, há uma ocorrência baixa de casos na maternidade, que deve estar relacionado ao fato de que as porcas apresentam sorologia elevada e passam imunoglobulinas maternas (IgG) via colostro para a leitegada, conferindo aos animais imunidade passiva. No entanto, os anticorpos



decrecem até o desmame, permanecendo baixos em todo o período de creche, onde os leitões ficam mais vulneráveis para a ocorrência da doença. O curso de surtos septicêmicos em leitões jovens causados pela *S. Choleraesuis* aumenta a mortalidade na fase de creche.

No crescimento e terminação, a doença oscila entre casos de enterocolite e septicemia. O registro mais frequente nesta fase é da *S. Typhimurium*, e cursa principalmente com agravamento entérico, mas também com casos de septicemia. A proliferação da doença nesta fase pode ser explicada pela entrada de animais portadores/excretadores, biossegurança negligenciada, falha de protocolo ou ausência de limpeza e desinfecção, exiguidade de vazio sanitário, ração contaminada, entre outros.

A partir das informações da origem dos isolados de *Salmonella* de casos clínicos brasileiros ocorridos entre 2011 e 2017, foi possível precisar a fase produtiva onde estava ocorrendo a enfermidade em 95 casos. Como pode ser visualizado na Figura 3, a ocorrência maior foi na creche (49 isolados), seguida do crescimento e terminação (40 isolados) e mais baixa na maternidade (6).

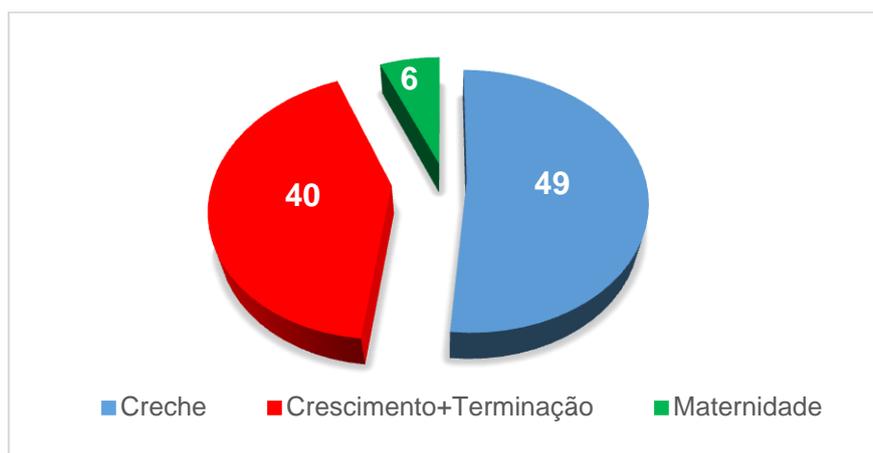


Figura 3. Ocorrência de salmonelose clínica em suínos por fase de produção.

Patogenia

Os fatores de virulência da *Salmonella* estão relacionados a sua capacidade de adesão as células do hospedeiro, invasão, citotoxicidade, resistência a fagócitos e o somatório dos mesmos.

A apresentação da doença, bem como a severidade dos sinais clínicos e das lesões macroscópicas, estão diretamente relacionadas ao sorovar envolvido no surto. A virulência da cepa, a imunidade natural e adquirida do animal, a rota usada pelo agente e a dose infectante também são relevantes para determinar a severidade do quadro clínico no suíno.

Animais sadios experimentalmente expostos a uma população que elimina 10^{2,61} UFC/g de fezes de *S. Choleraesuis* começam a eliminar o agente dentro de 24 horas após a exposição inicial. Além disso, observam-se sinais clínicos severos dentro de três dias de exposição à população infectada experimentalmente. Suínos



infectados eliminam 10^3 à 10^6 UFC/g de fezes durante o pico da infecção e podem assim permanecer por até três meses (GRAY et al.,1996).

A *S. Choleraesuis* possui grande capacidade invasiva e esse sorovar possui um tropismo pelo íleo e cólon, penetrando nos enterócitos e nas células M, que estão justapostas as Placas de Peyer e que segundo Green et al. (2006) pode ser considerado um local imune indutivo, bem como uma rota de invasão enteropatógena. Após a invasão das células M, ocorre uma endocitose formando um vacúolo, onde o agente trafega pelo ambiente intracelular até ser exocitada para a lâmina própria. A *Salmonella* cai na corrente sanguínea, onde será fagocitada por macrófagos e neutrófilos e filtrada para linfonodos regionais (GREEN & BROWN, 2006).

Segundo Gray (1996), os pulmões são locais de infecção inicial de *S. Choleraesuis* em suínos naturalmente expostos. Não ficou claro se essa predileção pelos pulmões é devida unicamente ao patógeno, ou a uma falta de ventilação nas instalações, ou a combinação destes e outros fatores.

Após a infecção natural, observou-se uma população de *Salmonella* residindo em pulmões suínos durante pelo menos duas semanas após a exposição, possivelmente sobrevivendo em macrófagos alveolares e atuando como fonte contínua de infecção e veículo para a disseminação do agente (GRAY et al.,1996). Os animais desenvolvem septicemia entre 24 a 72 horas após a chegada do agente a corrente sanguínea, antes até da ocorrência da diarreia no caso da *S. Choleraesuis*.

A *S. Typhimurium* é menos invasiva e necessita de uma quantidade maior de células: 10^7 UFC/g de fezes para induzir, experimentalmente, a doença. Embora não tenha predileção por um local específico no intestino, a principal porta de entrada para a submucosa são as áreas onde se concentram as placas de Payer a exemplo do íleo.

Sinais clínicos, lesões e diagnóstico

Pode haver uma variação nas manifestações clínicas da doença, a virulência da amostra de *Salmonella*, aliada ao grau de debilitação dos animais, são fatores importantes para determinar a sua gravidade (GRIFFITH et al. 2006). Em suínos, a sintomatologia clínica da doença está majoritariamente relacionada a quadros de diarreias e/ou septicemia. Os sorovares envolvidos normalmente são o Typhimurium, nos casos de enterocolite, e Choleraesuis nos septicêmicos, outros sorovares podem ocasionalmente ocorrer. A doença é observada nas fases de creche e crescimento/ terminação, e ocasionalmente na maternidade.

Nos quadros de enterocolite, a diarreia causada pela *S. Typhimurium* caracteriza-se inicialmente por um aumento da temperatura corporal, perda de peso e progressivamente refugagem, levando a morte em alguns casos. Esta diarreia manifesta-se de maneira efusiva, líquida, com curso intermitente, odor fétido e coloração amarelada até esverdeada, e raramente sanguinolentas. Ela é caracterizada pelas perdas de água, de eletrólitos e de proteínas plasmáticas do sangue para o lúmen.

No quadro septicêmico, sua apresentação é aguda. Após a infecção, os sinais clínicos iniciam entre 36 e 48 horas, e os animais infectados podem continuar eliminando a *S. Choleraesuis* por mais de nove semanas (GRAY et al.,1996). Os animais apresentam letargia, febre, temperatura corporal elevada ($40,5$ a 41 °C) e cianose das extremidades, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4. Suíno com febre e extremidades cianóticas. Foto: Laboratório Microvet.

A pele apresenta áreas avermelhadas, principalmente nas orelhas, barriga e região inguinal, que posteriormente tornam-se cianóticas. Pode ocorrer perda de apetite, dificuldade de locomoção, fraqueza e refugagem. A primeira evidência de doença pode ser caracterizada com suínos relutantes em mover-se, amontoados no canto da baia, conforme Figuras 5 e 6.



Figura 5. Suíno morto por salmonelose septicêmica. Foto: Nelson Morés.



Figura 6. Suínos amontoados no canto da baia. Foto: Nelson Morés.

A diarreia geralmente não é uma característica da salmonelose septicêmica até o terceiro ou quarto dia da doença, quando fezes amarelas aquosas podem ser vistas. Em alguns casos podem ser observados sinais nervosos que se assemelham à Peste Suína Clássica como resultado de vasculite necrotizante e histiocítica que leva a encefalite e/ou meningite. Fêmeas gestantes podem apresentar episódios de abortos (CARLSON et al., 2012).

Há ainda relatos de casos clínicos de surtos septicêmicos associados a quadros respiratórios em suínos (PALADINO et al. 2011). As pneumonias também são normalmente ocasionadas pelos sorovares Choleraesuis e Typhimurium, causando lesões pulmonares que se caracterizam principalmente por quadro hemorrágico, edema intersticial e pneumonia intersticial (Figura 7). Há também que se considerar



relato de caso de infecção urinária em fêmeas de reprodução (KUCHIISHI et al. 2011).

Para chegarmos ao diagnóstico correto da doença, é preciso considerar as informações epidemiológicas da doença com a sintomatologia clínica, diagnóstico de necropsia e laboratorial. Acerca das lesões causadas pela *Salmonella* nos casos de enterocolite, ocorre uma hiperemia das serosas e presença de material gelatinoso entre as alças intestinais do colón espiral, que caracteriza o edema. Observa-se também necrose fibrinóide da mucosa em forma de botão. Quando a infecção é crônica, os animais podem apresentar áreas ulceradas, principalmente nas regiões do colón proximal, espiral e ceco, como demonstra a Figura 8.



Figura 7. Suíno com salmonelose septicêmica apresentando pneumonia. Foto: Laboratório Microvet.



Figura 8. Suíno com salmonelose septicêmica apresentando necrose fibrinóide no intestino grosso. Foto: Laboratório Microvet.

A forma enterocolítica pode apresentar lesões tanto na porção final do intestino delgado bem como no intestino grosso. As lesões causadas pela *Salmonella* não estão restritas somente ao intestino grosso, informação importante para a diferenciação das lesões causadas por *Brachyspira* sp.

Na forma septicêmica da doença, ocorre hemorragia petequial na superfície dos rins (Figura 9), e os linfonodos de uma maneira geral estão com maior dimensão e infartados, principalmente na cadeia mesentérica. Observa-se infarto esplênico e esplenomegalia, não somente congestiva, mas com infiltrado de células inflamatórias (Figura 10). O fígado pode estar aumentado de tamanho e observam-se pontos brancos que correspondem a áreas de inflação de necrose hepática induzida pelo agente.



Figura 9. Suíno com salmonelose septicêmica apresentando hemorragia petequeal na superfície dos rins. Foto: Laboratório Microvet.



Figura 10. Suíno com salmonelose septicêmica apresentando esplenomegalia. Foto: Laboratório Microvet.

Classificando 109 casos clínicos em entérico ou septicêmico, onde as pneumonias foram consideradas septicêmicas, observou-se maior frequência de quadros septicêmicos (Figura 11). Entre os 64 casos de septicemia 38/64 foram confirmados como Choleraesuis, mas também foi isolado o sorovar Typhimurium a partir de 17/64 casos. Este resultado não nos permite postular que todos os casos septicêmicos são causados por Choleraesuis. Por outro lado dos 45 casos entéricos, 45 já foram confirmados como Typhimurium demonstrando o envolvimento deste sorovar majoritariamente nos casos de enterocolite.

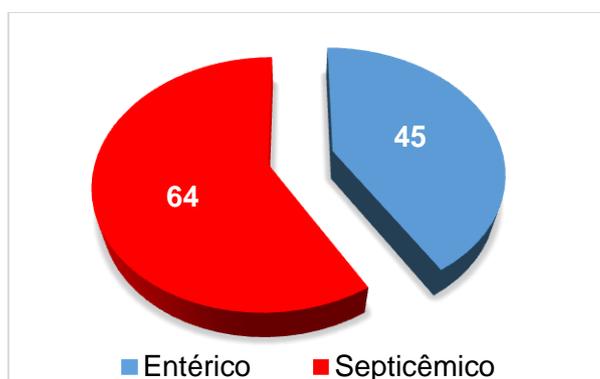


Figura 11. Distribuição de 109 isolados de *Salmonella* conforme a apresentação clínica.

Controle e tratamento

Para o sucesso do controle da salmonelose nos rebanhos suínos é necessário atenção a dois pontos: pressão de infecção (dose infectante) e redução da condição de imunidade do indivíduo. Partindo deste princípio o controle consiste essencialmente nos aspectos de biossegurança externa, interna, boas práticas de produção relacionadas ao manejo sanitário, a alimentação e bem estar dos animais. A *Salmonella* é suscetível à maioria dos desinfetantes, no entanto, a contaminação residual entre lotes é muito frequente mesmo após a execução de protocolos de limpeza e desinfecção de rotina. A retirada completa de matéria orgânica, o uso de detergente, a secagem da instalação antes da desinfecção a aplicação de um correto vazio sanitário são ferramentas que precisam ser utilizadas. Os roedores e insetos desem-



penham papel relevante na dinâmica de disseminação da doença dentro das instalações. Para um resultado favorável, é preciso aliar o controle mecânico e o químico.

Em termos profiláticos, o uso da vacinação após a identificação do sorovar envolvido nos casos clínicos pode ser lançado mão. Para tanto é necessário conhecer a apresentação da doença na granja para conseguir posicionar o programa de forma eficiente.

Quanto ao tratamento antimicrobiano, observa-se uma variação no perfil de resistência e susceptibilidade das amostras de *Salmonella* responsáveis pelos casos clínicos. Desta forma, o diagnóstico preciso é crítico e deve estar apoiado em resultados laboratoriais de isolamento do agente e antibiograma, o que oferece mais segurança ao médico veterinário na escolha do tratamento. Contudo, na presença de lesões adiantadas com perdas teciduais, o antibiótico pode não atingir o tecido alvo na concentração necessária ou mesmo que com a morte do patógeno as lesões não regredirem completamente. O tratamento antimicrobiano precoce é mais eficiente e deve ser apoiado por hidratação e antitérmicos. É importante lembrar que esses animais mais convalescidos devem ser tratados de forma diferenciada, com uso de baia hospital e condições adequadas.

A Figura 12 apresenta os dados de resistência e sensibilidade a 136 amostras de *Salmonella*, onde as barras vermelhas correspondem ao perfil de resistência da amostra frente ao antimicrobiano; as verdes, o número de amostras sensíveis e em amarelo os isolados com resultado intermediário.

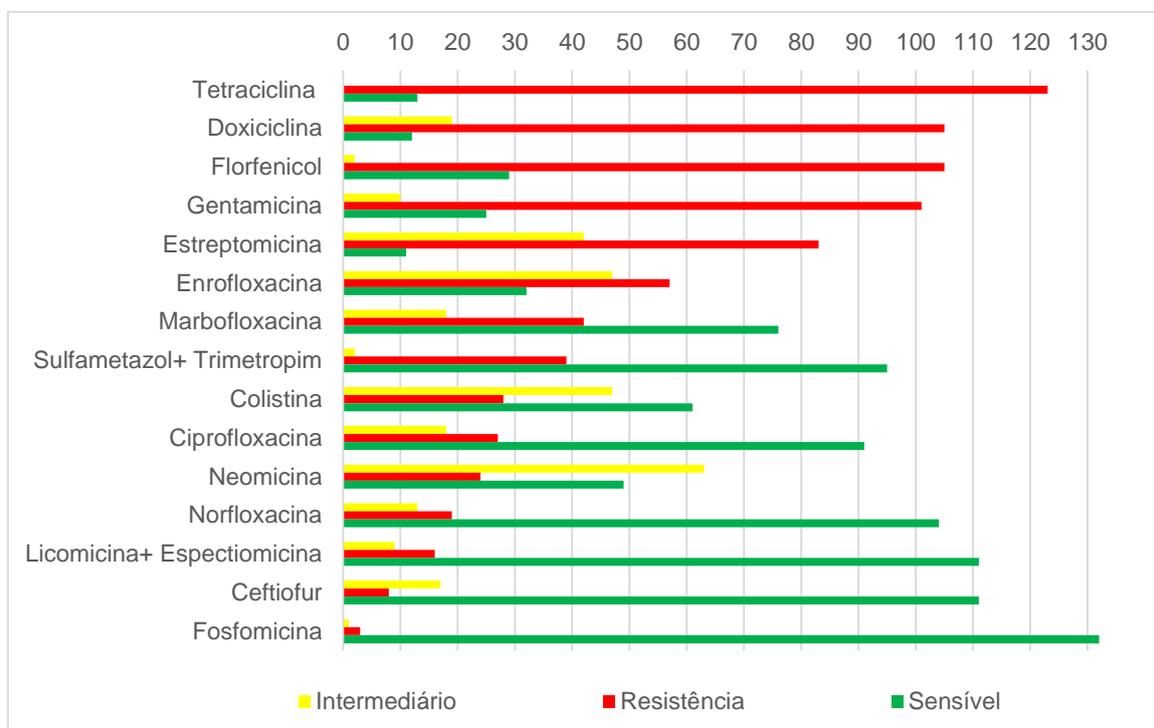


Figura 12. Resistência e sensibilidade antimicrobiana de 136 isolados de *Salmonella* de casos clínicos brasileiros.



Através do gráfico, fica evidente contra quais moléculas os isolados apresetam maior resistência, em ordem decrescente: tetraciclina, doxiciclina, florfenicol, gentamicina, estreptomina e enrofloxacina. Com relação à sensibilidade temos maior susceptibilidade frente a fosfomicina seguida do ceftiofur, lincomicina+espectomicina e norfloxacina (Figura 12).

A Figura 13 compara os isolados de Santa Catarina (37 isolados), Minas Gerais (35 isolados), Rio Grande do Sul (11 isolados) e São Paulo (10 isolados) quanto à porcentagem de resistência aos diferentes antimicrobianos. No referido gráfico é possível perceber que existe a mesma tendência entre os estados, mesmo que existam diferenças consideráveis para alguns antimicrobianos (ex:~ 40% para doxiciclina). Não se observa uma inversão de tendência, um antimicrobiano com muita resistência em um estado e sensibilidade no outro. De toda forma o antibiograma é de grande valia na rotina clínica, auxiliando na escolha da melhor molécula para o tratamento dos animais.

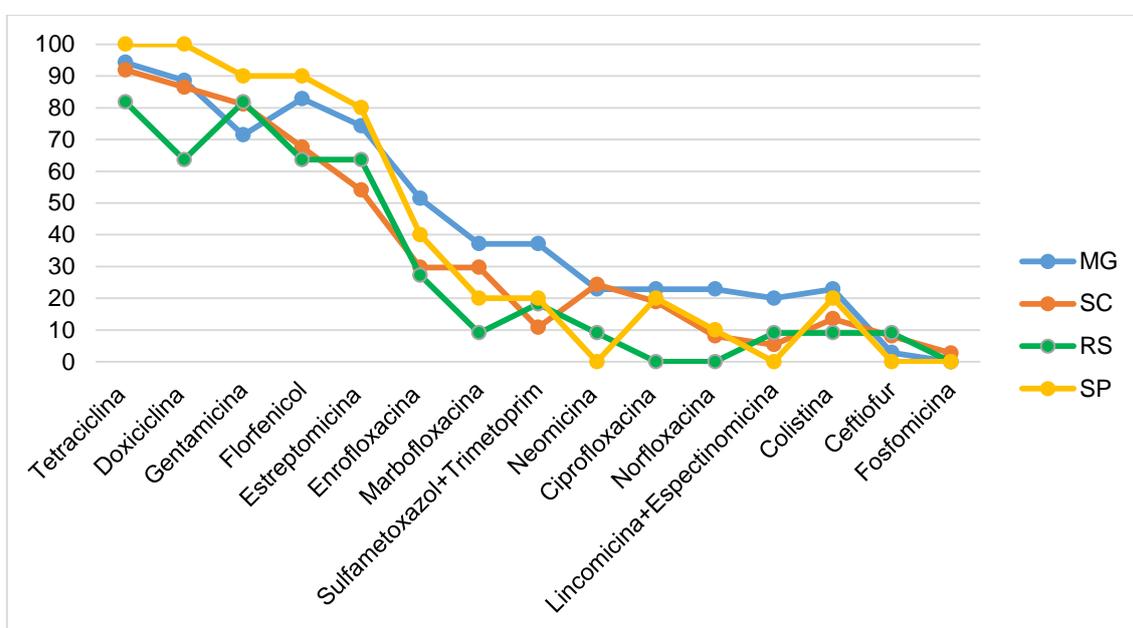


Figura 13. Percentual de amostras de *Salmonella* resistentes nos estados de Santa Catarina, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Conclusões

O crescente número de casos de salmonelose clínica no país nos acorda para uma realidade: a enfermidade é endêmica e amostras patogênicas e portadoras de multirresistência estão amplamente distribuídas nas regiões produtoras de suínos no Brasil. Os sorovares mais comuns são Typhimurium e Choleraesuis e estão relacionados com doença entérica e sistêmica, com significativa quantidade de isolados de pulmão. O sorovar Typhimurium também está envolvido em quadros de salmonelose septicêmica.



Referências

- CARLSON, S.A; BARNHILL, A.E; GRIFFITH, R.W. Salmonellosis. In: STRAW, B.E; ZIMMERMAN, J.J; ALLAIRE, S.D. & TAYLOR, D. **Diseases of Swine**. 10^a Ed. Ames: Wiley Blackwell Science Ltda, 2012. p.821-833.
- GRAY, Jeffrey. T.; FEDORKA-CRAY, Paula. J.; STABEL, Thomas. J.; KRAMER, Theodore. T. Natural Transmission of *Salmonella choleraesuis* in Swine. **Applied And Environmental Microbiology**, v.62, n.1, p.141-146, jan.1996.
- GREEN, Benedict.T; BROW, David, R. Differential effects of clathrin and actin inhibitors on internalization of *Escherichia coli* and *Salmonella choleraesuis* in porcine jejune Peyer's patches. **Veterinary Microbiology**, v.113, p.117-122, 2006.
- GRIFFITH, R.W; SCHWARTZ, K.J; MEYERHOLZ. D.K. Salmonella. In: STRAW, B.E; ZIMMERMAN, J.J; ALLAIRE, S.D. & TAYLOR, D.J. **Diseases of Swine**. 9^a Ed. Ames: Ed. Blackwell Science Ltda, 2006. p.739-754.
- GRIMONT, P.A.D.; WEILL, F.X. **Antigenic Formulae of the *Salmonella* serovars**. 9 ed. WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*. p. 166. 2007.
- HENRIQUES, M.R; VANUCCI, F.A; REIS, K.C.P; BOUILLET, L.E.M; GUIMARAES, W.V; SANTOS, D.L; SANTOS, L.F; SANTOS, J.L. Coinfection of *S. enterica* serovar choleraesuis and PCV2 in pigs with PMWS in Brazil. In: IPVS CONGRESS, 23.,2014, Cancun, México. **Proceedings of the 23th international pig veterinary society (IPVS) Congress**, Cancun, 2014. p. 359.
- KICH, Jalusa. Deon. Salmonelose. In: SOBESTIANSKY, Jurij.; BARCELLOS, David. **Doenças dos Suínos**. 1 ed. Goiânia: Cãnone Editorial, 2007. p.196-203.
- KICH, Jalusa. Deon; CARDOSO, Marisa. Salmonelose. In: SOBESTIANSKY, Jurij.; BARCELLOS, David. **Doenças dos Suínos**. 2 ed. Goiânia: Cãnone Editorial, 2012. p.257-264.
- KICH, Jalusa Deon; SOUZA, Jean Carlos Porto Vilas Boas. **Salmonelose na suinocultura brasileira: do problema ao controle**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- KUCHIISHI, S.S.; KICH, J.D.; MORES, M.A.Z.; REICHR, S.; NEZZI, L.; SOUZA, G.R.M.;MIOTO, C. Infecção Urinária por *Salmonella typhimurium* em matrizes no sul do Brasil- Relato de Caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 15., 2011, Fortaleza. **Anais do XV Abraves- Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos**, Fortaleza: 2011.
- PALLADINO, E.S.; GABARDO, M.P.; NEVES, S. M.N.; GURNET, R.R.; GUEDES, R.M.C. Pneumonia por *Salmonella* sp em Suínos: relato de três casos. In: **Anais do XV Abraves- Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos**, Fortaleza: 2011.
- SANTOS, L.D.; TEIXEIRA, R.; SANTOS, D.; GUIMARAES, W.; SANTOS, J.L. Comparative study of the occurrence of *S. enterica* serovar choleraesuis isolated from swine salmonellosis outbreaks during 2013 to 2015 in Brazil. In: IPVS CONGRESS, 24., 2016, Dublin, Irlanda. **Proceedings of the 24th International Pig Veterinary Society (IPVS) Congress**, Dublin, 2016. p. 276.
- VANUCCI, F.A; OLIVEIRA, G; HENRIQUES, M.R; REIS, K.C.P, BOUILLET, L.E.M; GUIMARAES, W.V; SANTOS, D.L; SANTOS, L.F. & SANTOS, J.L. Retrospective study and antimicrobial susceptibilities os *S. entérica* serovar choleraesuis isolated from swine salmonellosis outbreaks during 2013 in Brazil. In: IPVS CONGRESS, 23.,2014, Cancun, México. **Proceedings of the 23th international pig veterinary society (IPVS) Congress**, Cancun, 2014. p. 269.
- WILCOCK, B. P.; OLANDER, H. J. Influence of Oral Antibiotic Feeding on the Duration and Severity of Clinical Disease, Growth Performance and Pattern of Shedding in Swine Inoculated with *Salmonella Typhimurium*. **J. Am. Vet. Med. Assoc**, v.172, p.472–477,1978.



SITUAÇÃO ATUAL DA CIRCOVIROSE NO BRASIL

Janice R. Ciacci-Zanella

*Embrapa Suínos e Aves, Laboratório de Sanidade e Genética Animal Concórdia, SC
janice.zanella@embrapa.br*

Apresentação da doença e o agente no Brasil

A circovirose suína é uma doença infecciosa cujo agente é o circovírus suíno tipo 2 ou PCV2 e é considerada uma das principais enfermidades da suinocultura. A circovirose ou doença associada ao PCV2 (PCVAD ou PCVD), por ser causada por um agente imunossupressor, deixa os suínos mais vulneráveis a outros agentes de doenças respiratórias e entéricas (CIACCI-ZANELLA, 2015). Seu controle é realizado por meio da correção de fatores de risco e utilização de vacinas (ZANELLA; MORES et al. 2016).

A síndrome multissistêmica do definhamento suíno (SMD) é uma das manifestações clínicas mais prevalente e severa da infecção pelo PCV2. A doença, caracterizada por definhamento e lesões severas no tecido linfóide foi diagnosticada no Brasil em 1999 (CIACCI-ZANELLA; MORES, 2003) e rapidamente foi observada em todas as áreas de produção intensiva de suínos, sendo a infecção por PCV2 hoje endêmica na suinocultura tecnificada.

O PCV2 é um dos patógenos mais importantes em suínos, causa perdas econômicas devido a elevada mortalidade, atraso na produção ou pela ocorrência de infecções secundárias associadas ao vírus, que faz parte do complexo de doenças respiratórias dos suínos, agravando os quadros de pneumonias. O PCV2 pode ser classificado em cinco genótipos diferentes, incluindo PCV2a, PCV2b, PCV2c, PCV2d e PCV2e, dos quais PCV2a é o mais antigo (OPRIESSNIG; XIAO, et al. 2017). O PCV2c só foi identificado em tecidos de suínos arquivados da Dinamarca e uma recente amostra de suínos ferais do Brasil e é considerada de menor importância. Por volta de 2003, ocorreu uma grande mudança de genótipo de PCV2a para PCV2b. As epidemias graves de PCV2 ligadas à introdução de PCV2b ocorreram na América do Norte durante 2005/2006 e posteriormente levaram à introdução e uso em grande escala de vacinas PCV2 em suínos (OPRIESSNIG; XIAO, et al. 2017). Todavia, o PCV2b emergiu globalmente, sendo associado a surtos mais severos de circovirose, tornando-se o genótipo prevalente em suínos no mundo inteiro. Mesmo com o surgimento do genótipo PCV2b, vários estudos demonstraram a eficácia das vacinas comerciais frente ao novo vírus. No Brasil, vacinas comerciais, baseadas no genótipo PCV2a, são utilizadas na maioria dos rebanhos, tanto no plantel de matrizes como em leitões ao desmame e tem sido eficazes no controle dos genótipos PCV2a e PCV2b (CIACCI-ZANELLA, 2015).

Em 2012, um novo vírus variante do genótipo PCV2b – denominado posteriormente mPCV2b foi isolado em rebanhos de suínos vacinados dos Estados Unidos (OPRIESSNIG; XIAO et al. 2013), sendo demonstrado que essa estirpe viral era quase idêntica a um vírus identificado inicialmente na China entre 2004 e 2008 (GUO, et al. 2010). Conseqüentemente investigou-se a presença do novo vírus em casos de aparente falha vacinal e realizados experimentos visando avaliar a eficácia das vacinas frente ao novo vírus encontrado (OPRIESSNIG, et al. 2014; GERBER,



et al. 2013). No Brasil não foi diferente. A partir de 2012, um novo variante ou estirpe de PCV2 (mPCV2) também foi detectado em suínos e tem sido associado a casos de falhas vacinais (CIACCI-ZANELLA, 2015). Os animais vacinados contra o PCV2 apresentavam sinais clínicos típicos de circovirose, com diagnóstico laboratorial confirmado para o PCV2, sendo o vírus identificado nestes casos como sendo do genótipo b. Análises genômicas indicaram adições ou substituições de nucleotídeos gerando modificações no genoma do vírus, denominado mPCV2, e que por sua vez levaram a mudanças em aminoácidos localizadas em epítomos responsáveis pela ativação do sistema imune. De fato, essa variante possui 3 amino-ácidos extras no final da ORF2 (proteína do capsídeo viral). As taxas evolucionárias do PCV2 são maiores que as esperadas para um vírus DNA, o que historicamente tem se comprovado pelo surgimento de diferentes genótipos (PCV2a, PCVb, etc.). Assim, diferentes populações de PCV2 circulam numa mesma granja e em um mesmo animal, podendo infectar tanto animais vacinados quanto animais não vacinados. De fato, foi especulada a possibilidade de que de futuro se possam gerar vírus mutantes devido à pressão de vacinação (DVORAK; YANG et al. 2016). Portanto é chave uma monitorização genotípica adequada para avaliar a eficiência das vacinas. Também há discussão sobre o papel da vacinação na modulação da variabilidade genética do PCV2 e a necessidade de atualizar as vacinas atuais.

Mesmo que estudos sobre a eficácia das vacinas comerciais baseadas no PCV2a indiquem falha das vacinas na proteção da infecção para o mPCV2, atualmente denominado PCV2d, elas evitam a manifestação clínica da doença. Para o controle da circovirose é importante a implementação de medidas de biossegurança nas granjas de suínos, manutenção do equilíbrio imunológico dos rebanhos, baixa carga microbiana (viral), assim como devem ser observadas as boas práticas de conservação e administração das vacinas, evitando a ocorrência de falhas vacinais e conseqüente maior severidade da doença.

O PCV2 infecta suídeos domésticos e silvestres e pode estar presente em rebanhos com diferentes padrões sanitários e sistemas de produção. Desde a descrição inicial da SMD, outras infecções ou síndromes foram identificadas e associadas à infecção pelo PCV2. Dentre estas já foram descritas a síndrome da dermatite e nefropatia (SDN) e as doenças entéricas, respiratórias e reprodutivas (SEGALES, 2012).

A SMD acomete, predominantemente, leitões entre cinco e 12 semanas de idade, embora a doença já tenha sido descrita em leitões com quatro a 24 semanas de idade. A morbidade e mortalidade variam de 70-80% e 4-30%, respectivamente, de acordo com a granja, fase em que o surto aparece e de acordo com o tipo de manejo empregado na criação. As taxas de mortalidade na creche e crescimento-terminação triplicam em relação às médias normais da granja, e em vários rebanhos essas taxas podem normalizar em alguns meses.

A maioria dos suínos afetados morre em menos de oito dias, e os demais sobrevivem, mas a maioria dos suínos evolui para um estado de definhamento extremo, sem possibilidade de recuperação clínica. A SMD é considerada atualmente uma doença multifatorial e vários co-fatores infecciosos e não-infecciosos ou fatores de risco causadores de estresse como densidade elevada, variações térmicas acentuadas, frio, baixa qualidade do ar, mistura de leitões com idades e leitegadas diferentes podem exacerbar os sinais e a gravidade da doença (SEGALES, 2012).



A excreção viral e transmissão pode se dar por várias rotas (nasal, oral e fecal), sendo a via oronasal a rota mais frequente de transmissão (ROSE; OPRIESSNIG, et al. 2011). Os circovírus são muito resistentes às condições ambientais e aos desinfetantes. Portanto, o contato direto ou indireto com suínos infectados, instalações, equipamentos, pessoal contaminado e fômites também podem transmitir o agente. O DNA do PCV2 pode ser detectado intermitente no sêmen de machos infectados por pelo menos 50 dias depois da inoculação (BLOMQVIST; PERSSON, et al. 2011). Não existem diferenças entre os diferentes genótipos (PCV2a ou PCV2b) nas características de excreção viral.

Dentre os diversos sinais clínicos observados nos leitões de rebanhos infectados com o PCV2, o emagrecimento rápido e progressivo é o sinal mais típico (GRAU-ROMA; HJULSAGER, et al. 2009). Evidencia-se também, apatia, anorexia, pelo opaco, dispneia, conjuntivite, palidez e icterícia da pele e mucosas, sinais de pneumonia, diarreia e finalmente caquexia. Entretanto, a forma subclínica pode ocorrer em muitos rebanhos afetados, onde nestes leitões observa-se apenas desempenho insuficiente e maior ocorrência de outros problemas sanitários, especialmente diarreia e pneumonia (SEGALES, 2011). Na área reprodutiva, o PCV2 tem sido associado à ocorrência de mumificação fetal, natimortos, nascimento de leitões fracos e abortos, tanto em condições experimentais como em nível de campo (PENSAERT; SANCHEZ, et al. 2004; BRUNBORG; JONASSEN, et al. 2007). Em trabalho realizado no Brasil investigando essas falhas reprodutivas, dentre os agentes infecciosos que causam problemas reprodutivos, o PCV2 foi o agente mais frequente associado aos quadros patológicos dos leitões (RITTERBUSCH; SA ROCHA, et al. 2011).

No Brasil não há relatos, mas o PCV2 também foi implicado como causador de doença entérica, sendo que o diagnóstico era caracterizado por diarreia, lesão de enterite granulomatosa e depleção de tecido linfóide (placas Peyer) e detecção do agente no intestino. Todavia, por ser um agente imunossupressor, atualmente se considera que os problemas entéricos são parte do quadro sistêmico da circovirose. Assim, os transtornos entéricos ocorrem devido à imunossupressão e consequente manifestação de patógenos entéricos “secundários”, ou pela enterite granulomatosa que poderia alterar a permeabilidade da parede intestinal e levar a quadros de diarreia (BARÓ; SEGALÉS, et al. 2015). Com a introdução da vacinação, em que se observa na maioria das vezes apenas a doença subclínica, os problemas entéricos são causados possivelmente por outros patógenos concomitantes como *E. coli*, *Salmonella spp.*, dentre outros (BARÓ; SEGALÉS, et al. 2015)

Da mesma forma, apresentação clínica da circovirose pode variar muito entre rebanhos em função de outras enfermidades que podem ocorrer simultaneamente. Entre elas citam-se: a doença de Aujeszky (DA), a Síndrome Reprodutiva e Respiratória dos Suínos (PRRS), a doença de Glässer, a parvovirose suína, a meningite por *Streptococcus suis*, a salmonelose, a colibacilose, colites, hepatose dietética e broncopneumonia purulenta. Dentre estas, a PRRS parece ser a mais importante, uma vez que a SMD é mais frequente e severa em rebanhos infectados pelo PRRSV (SEGALES, 2011).

As lesões macroscópicas incluem a hipertrofia de linfonodos, atrofia do timo e pulmão não colabado (edema pulmonar), às vezes com pequenas áreas disseminadas de hepatização (SEGALES, 2011). Entretanto, estas lesões nem sempre estão presentes e, portanto, não podem ser utilizadas como único indicador da SMD. O enfartamento dos linfonodos representa um estágio precoce da infecção que



regride e posteriormente os mesmos podem aparecer com tamanho normal ou hipotrófico. Outros órgãos podem apresentar lesões como o fígado (icterícia), rins (pontos brancos) e pele (manchas avermelhadas e arredondadas). Além destas, no Brasil, as polisserosites e as colites são as lesões concomitantes mais frequentes.

As alterações mais consistentes no exame histopatológico são encontradas nos tecidos linfoides (linfonodos, baço, timo, tonsilas e placas de Peyer), no pulmão e nos rins. No pulmão há espessamento da parede alveolar por proliferação das células septais e infiltração de linfócitos e histiócitos que também aparecem ao redor de vasos, brônquios e bronquíolos (pneumonia intersticial). No tecido linfóide ocorre perda da estrutura arquitetônica do tecido, depleção linfóide em diferentes graus de severidade, necrose de células linfoides, especialmente nos centros foliculares, infiltração de histiócitos, às vezes com formação de granulomas e presença de células multinucleadas. Os rins apresentam áreas focais de nefrite/glomerulonefrite, especialmente por infiltração linfo-histiocitária (SEGALES 2011).

Controle, vacinas, falhas e comparativo da importância da circovirose suína hoje e 10 anos atrás

O controle da circovirose suína pode ser dividido entre antes e depois da vacinação de suínos com vacinas comerciais para o PCV2. Antes das vacinas estarem disponíveis, as estratégias de controle tinham como foco minimizar a infecção de suínos por agentes secundários (ou de outras doenças) e corrigir/eliminar os fatores de risco associados a ocorrência da doença (LOPEZ-SORIA; SEGALES, et al. 2005). No Brasil também se popularizou o uso de um macerado de órgãos, inativado por formalina e administrado nos suínos como uma vacina autógena anteriormente ao registro de vacinas comerciais. Atualmente existem quatro vacinas comerciais registradas no Brasil. Uma das vacinas disponíveis é indicada para uso em porcas e marrãs e quatro vacinas são indicadas para a vacinação de leitões. A vacinação das fêmeas confere proteção aos leitões através da transferência passiva de anticorpos. Todas as vacinas são inativadas e baseadas no genótipo PCV2a.

Embora geralmente se vacinem leitões entre 3-4 semanas de vida, o momento ideal para a vacinação seria aquele que combine baixos níveis de anticorpos maternos (AM) com o desenvolvimento de imunidade protetora frente a PCV2 através da vacina antes do aparecimento da infecção natural. Cada granja deve desenvolver o seu próprio programa de vacinação de acordo com os desafios, a imunidade das porcas e dinâmica de infecção (OLIVER-FERRANDO; SEGALES, et al. 2016). As vacinas indicadas para uso em leitões devem ser aplicadas antes da fase de maior exposição ao agente, sendo que algumas preparações recomendam duas aplicações e outras vacinas possuem recomendação para aplicação de dose única. A taxa de rebanhos suínos vacinados para PCV2 no Brasil varia entre 80-98% e vários estudos realizados a campo demonstraram que as vacinas utilizadas são eficientes no controle da circovirose.

Existe o questionamento da interferência de que os altos níveis de AM no momento da vacinação podem provocar uma resposta humoral inferior à vacinação (interferência com a seroconversão). Estudos tem demonstrado que por referência, esta interferência observa-se quando os títulos de anticorpos são > que 10 log₂ IPMA (ensaio de imunoperoxidase em monocamada). Contudo, a resposta celular imune induzida pelas vacinas não parece ser afetada pelos níveis de AM. Com a



finalidade de evitar a referida interferência ou para ter uma maior eficácia da vacina, dever-se-ia atrasar a vacinação dos leitões (OLIVER-FERRANDO; SEGALÉS, et al. 2016). Esta situação poderia dar-se, especialmente, quando se aplica um protocolo vacinal em porcas e leitões.

A vacinação de porcas e/ou marrãs é eficiente quando se pretende reduzir a pressão de infecção das matrizes, aumentar os níveis de anticorpos de fêmeas de reposição, para reduzir falhas reprodutivas e aumentar os níveis de anticorpos maternos dos leitões.

Desta forma, para delinear um programa de vacinação e escolha do produto para o rebanho deve se levar em conta alguns pontos, sendo o produto para leitões ou para porcas/ leitões. Esses pontos incluem a interferência de anticorpos maternos, a maturidade imunológica do leitão, a dinâmica da infecção no rebanho, a ocorrência de problemas reprodutivos e fatores que possam causar imunossupressão (OLIVER-FERRANDO; SEGALÉS, et al. 2016).

Depois do registro e ampla utilização das vacinas comerciais para o PCV2 no Brasil, quando bem utilizadas, a infecção e a doença foram controladas e os índices produtivos melhorados. Assim, a ampla e contínua utilização destas vacinas deu lugar, na maioria das explorações, a um cenário de infecção subclínica por PCV2, conseguindo-se, finalmente, lotes seronegativos a idade de abate. Todavia, práticas inerentes à aplicação da vacina (meia dose, troca de marcas de fabricantes, temperatura de acondicionamento, aplicação em parte do lote) possivelmente fazem com que o vírus (de todos genótipos) continue circulando e causando doença. Em necropsias de casos variados já se nota novamente aumento de linfonodos e em alguns casos há lesões típicas de infecção com PCV2. Observa-se também o agravamento de casos de salmonelose na creche e apresentação tardia na terminação por imunidade insuficiente. Contudo, o quadro visto hoje não se compara com aquele antes do surgimento das vacinas. Em todos os casos, a vacinação contra o PCV2 é, na maioria dos cenários, economicamente rentável. As principais alterações na apresentação clínica nos últimos anos são por falha ou mesmo vacinação incompleta de todos os leitões, mas as vacinas (quando bem usadas) são eficientes.

Em resumo, desde a introdução de vacinas (que são muito efetivas contra o PCV2), a presença e a carga viral diminuíram muito na população suinícola. Atualmente os suínos têm uma carga viral menor e não se detecta vírus por PCR na maioria das explorações, o que sugere que a vacinação contínua conseguiu que algumas explorações negativassem o PCV2 com o tempo. Apesar de que o mecanismo pelo que a vacinação controle a infecção não esteja totalmente claro, o seu uso contínuo tem reduzido fortemente, abaixo de níveis detectáveis, a prevalência de PCV2 em suínos. Ao mesmo tempo, conclui-se que a maioria dos suínos continuam infectados por PCV2 em níveis inferiores ao limite de sensibilidade da PCR, já que mais de 70% das explorações têm animais com anticorpos anti-replicase induzidos pela infecção natural. A infecção também explicaria os casos de circovirose associados a interrupções da vacinação. Portanto, a vacinação continua a ser importante para proteger os animais contra a circovirose.

Comparado com 10 anos atrás, a circovirose hoje é uma doença controlada, incluindo a infecção subclínica. Todavia, assim como em demais países produtores de suínos, no Brasil mesmo com a vacinação quase massiva, ainda se diagnostica infecção por PCV2 e existe o risco de ressurgir. Dentre os pontos críticos para



infecção se agravar estão os fatores de ambiência, mistura de lotes, superlotação, falhas no vazio sanitário e alta pressão de infecção. Embora não seja a principal doença da suinocultura brasileira atualmente, a circovirose continua sendo uma doença multifatorial e nem todos os fatores que desempenham um papel no desenvolvimento da doença estão completamente conhecidos. Por muito tempo procurou-se um agente desconhecido ou “agente X” que poderia ser um vírus (torquetenovírus, parvovirus, ou outros vírus DNA circular de fita simples) ou outro microrganismo. Deste modo, é necessária uma constante monitoria que inclua: medidas de manejo com correção de fatores de risco, protocolos de vacinação adequados, controle de infecções concomitantes, pesquisas sobre o PCV2, a genética do suíno e interações patógeno-hospedeiro.

Agradecimentos

À Embrapa (02.11.01.006) pelo financiamento do projeto de pesquisa. Aos colegas Daniel Linhares, Danielle Gava, David Barcellos, David Driemeier, Fabiane Zanchin, Geraldo Alberton, Lana Fernandes, Nelson Morés, Ricardo Lippke, Robson Antunes e Roberto Guedes pelos comentários de suas experiências.

Referências

- BARÓ, J.; J. SEGALÉS; J. MARTÍNEZ (2015). "Porcine circovirus type 2 (PCV2) enteric disease: An independent condition or part of the systemic disease?" *Veterinary microbiology* 176(1): 83-87.
- BLOMQUIST, G.; M. PERSSON; M. WALLGREN; P. WALLGREN; J. M. MORRELL (2011). "Removal of virus from boar semen spiked with porcine circovirus type 2." *Anim Reprod Sci* 126(1-2): 108-114.
- BRUNBORG, I. M.; C. M. JONASSEN; T. MOLDAL; B. BRATBERG; B. LIUM; F. KOENEN; J. SCHONHEIT (2007). "Association of myocarditis with high viral load of porcine circovirus type 2 in several tissues in cases of fetal death and high mortality in piglets. A case study." *J Vet Diagn Invest* 19(4): 368-375.
- CIACCI-ZANELLA, J.; N. MORES (2003). "Diagnosis of post-weaning multisystemic wasting syndrome in pigs in Brazil caused by porcine circovirus type 2." *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 55(5): 522-527.
- CIACCI-ZANELLA, J. R.; SCHAEFER, R.; GAVA, D.; MORÉS, N.; BARCELLOS, D. E. S. N. (2015). Novos conhecimentos sobre a infecção por PCV2 e a emergência de novas estirpes virais. *Avanços em Sanidade, Produção e Reprodução de Suínos*. D. E. B. F. P. B. I. W. M. L. Bernardi. Porto Alegre, UFRGS Gráfica. 1: 207-220.
- DVORAK, C. M.; Y. YANG; C. HALEY; N. SHARMA; M. P. MURTAUGH (2016). "National reduction in porcine circovirus type 2 prevalence following introduction of vaccination." *Veterinary microbiology* 189: 86-90.
- GRAU-ROMA, L.; C. K. HJULSAGER; M. SIBILA; C. S. KRISTENSEN; S. LOPEZ-SORIA; C. ENOE; J. CASAL; A. BOTNER; M. NOFRARIAS; V. BILLE-HANSEN; L. FRAILE; P. BAEKBO; J. SEGALÉS; L. E. LARSEN (2009). "Infection, excretion and seroconversion dynamics of porcine circovirus type 2 (PCV2) in pigs from post-weaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) affected farms in Spain and Denmark." *Vet Microbiol* 135(3-4): 272-282.
- LOPEZ-SORIA, S.; J. SEGALÉS; N. ROSE; M. J. VINAS; P. BLANCHARD; F. MADEC; A. JESTIN; J. CASAL; M. DOMINGO (2005). "An exploratory study on risk factors for postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in Spain." *Prev Vet Med* 69(1-2): 97-107.



OLIVER-FERRANDO, S.; J. SEGALÉS; S. LÓPEZ-SORIA; A. CALLÉN; O. MERDY, F. JOISEL; M. SIBILA (2016). "Evaluation of natural porcine circovirus type 2 (PCV2) subclinical infection and seroconversion dynamics in piglets vaccinated at different ages." Veterinary research 47(1): 121.

OPRIESSNIG, T.; C.-T. XIAO; P. G. HALBUR; P. F. GERBER; S. R. MATZINGER; X.-J. MENG (2017). "A commercial porcine circovirus (PCV) type 2a-based vaccine reduces PCV2d viremia and shedding and prevents PCV2d transmission to naïve pigs under experimental conditions." Vaccine 35(2): 248-254.

OPRIESSNIG, T.; C. T. XIAO; P. F. GERBER; P. G. HALBUR (2013). "Emergence of a novel mutant PCV2b variant associated with clinical PCVAD in two vaccinated pig farms in the U.S. concurrently infected with PPV2." Vet Microbiol 163(1-2): 177-183.

PENSAERT, M. B.; R. E. SANCHEZ, JR.; A. S. LADEKJAER-MIKKELSEN; G. M. ALLAN; H. J. NAUWYNCK (2004). "Viremia and effect of fetal infection with porcine viruses with special reference to porcine circovirus 2 infection." Vet Microbiol 98(2): 175-183.

RITTERBUSCH, G. A.; C. A. SA ROCHA; N. MORES; N. L. SIMON; E. L. ZANELLA; A. COLDEBELLA; J. R. CIACCI-ZANELLA (2011). "Natural co-infection of torque teno virus and porcine circovirus 2 in the reproductive apparatus of swine." Res Vet Sci.

ROSE, N. T. Opriessnig, B. Grasland and A. Jestin (2011). "Epidemiology and transmission of porcine circovirus type 2 (PCV2)." Virus Res.

SEGALES, J. (2011). "Porcine circovirus type 2 (PCV2) infections: Clinical signs, pathology and laboratory diagnosis." Virus Res.

SEGALES, J. (2012). "Porcine circovirus type 2 (PCV2) infections: clinical signs, pathology and laboratory diagnosis." Virus Res 164(1-2): 10-19.

ZANELLA, J. R. C.; N. MORÉS; D. E. S. N. D. BARCELLOS (2016). "Main endemic health threats in the swine production chain in Brazil." Pesquisa Agropecuária Brasileira 51(5): 443-453.

YESKE, P.; LOULA, T.; BRUMM, M.; COLGAN, S. Field and research experiences with PCV2 vaccination. Allen D. Lemman Swine Conference, p.48-51, 2009.



DINÂMICA DE INFECÇÃO DAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS APÓS A ENTRADA DA INFLUENZA NO BRASIL

Karine Ludwig Takeuti e David Emilio Santos Neves de Barcellos

*Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre, Brasil*

Introdução

As doenças respiratórias e entéricas constituem os principais problemas sanitários em granjas de suínos tecnificadas. As pneumonias em suínos tem origem multifatorial, já que não estão relacionadas apenas com a presença de um ou mais agentes infecciosos, mas também a fatores ambientais e de manejo que podem predispor os animais às infecções. Avaliando-se todos os trabalhos em que foram avaliadas lesões pulmonares ao abate, observou-se que a prevalência de lesões sugestivas de pneumonia em suínos oscila entre 29,6% (STEPAN, 1995) e 75,7% (SILVA et al., 2001), sendo que geralmente estão presentes em 50 a 70% dos animais (TAKEUTI & BARCELLOS, 2017).

Agentes como *Mycoplasma (M.) hyopneumoniae*, *Pasteurella (P.) multocida* tipo A destacam-se como causadores de pneumonias em suínos de terminação, principalmente associados entre si ou com outros agentes infecciosos (MORÉS et al., 2015). A associação de agentes infecciosos respiratórios é comum, correspondendo a mais de 58% dos casos avaliados em suínos de terminação (MORÉS et al., 2015). A infecção mista por dois ou mais patógenos é mundialmente conhecida como Complexo de Doenças Respiratórias de Suínos (CDRS) e acarreta em aumento dos prejuízos econômicos para a suinocultura em decorrência das maiores perdas por mortalidade de animais, gastos com medicamentos e vacinas, condenações de carcaças e redução da performance dos animais, como piora da conversão alimentar e redução de ganho de peso diário (THACKER & MINION, 2012).

A partir da entrada do vírus influenza pandêmico H1N1 (pH1N1) no Brasil em 2009, surtos de pneumonia típicos de influenza foram observados em suínos de todas as idades. No entanto, com o crescimento da imunidade entre os animais frente ao IAV, a dinâmica de infecção das pneumonias sofreu uma mudança importante. Atualmente, o IAV é mais frequentemente encontrado em leitões de creche e em associação com o *Haemophilus (H.) parasuis*, e na terminação *M. hyopneumoniae* e *P. multocida* são os agentes mais comumente encontrados (BARCELLOS et al., 2017).

O objetivo desta revisão é abordar como ocorre a dinâmica de infecção das pneumonias em suínos após a entrada do IAV no Brasil e quais os mecanismos de patogenia envolvidos nas co-infecções mais importantes na creche e terminação.

Entrada da Influenza no Brasil

Embora a pandemia de influenza só tenha ocorrido em suínos em 2009, a circulação do vírus influenza ocorria em populações de suínos, porém sem a ocorrência de doença clínica. Na década de 90 um estudo sorológico abrangendo oito estados brasileiros identificou anticorpos frente ao vírus humano H1N1 e H3N2 em suínos, demonstrando a presença do vírus (BRENTANO et al., 2002). Em outro



estudo realizado em 17 granjas em Minas Gerais antes da pandemia, 64,7% das granjas e 44,5% dos suínos amostrados foram positivos para H1N1 suíno (RAJÃO et al, 2013a).

No entanto, em 2009, o rearranjo do IAV humano, suíno e aviário possibilitou a emergência de um vírus nunca antes identificado (pH1N1), provocando uma pandemia de influenza (GIRARD et al., 2010). A partir desse evento, um aumento importante na frequência e título de anticorpos para IAV em suínos foi observada após 2009 (CIACCI-ZANELLA et al., 2011). Já em 2010 o vírus pH1N1 foi isolado, caracterizado, e a análise por sequenciamento revelou que o vírus encontrado em suínos e humanos era o mesmo (SCHAEFER et al., 2011). Adicionalmente, a caracterização de isolados de IAV obtidos entre 2009-2010 em cinco estados brasileiros revelou que 100% dos vírus avaliados foi caracterizado como pH1N1 (RAJÃO et al, 2013b).

Com a entrada do vírus pH1N1 e a ausência de imunidade nos planteis, lesões histológicas graves sugestivas de IAV foram observadas em pulmões de suínos de diversas idades (de leitões lactentes a animais de terminação) provenientes de diversos estados brasileiros (WATANABE et al., 2012). Amostras de suínos com sinais clínicos típicos de influenza, provenientes de seis estados brasileiros, também foram avaliadas e a detecção do agente etiológico envolvido foi confirmada por isolamento viral, imuno-histoquímica e PCR (RAJÃO et al., 2013c). Também foi possível observar surtos de problema respiratório em animais adultos, além de perdas reprodutivas em decorrência da queda de consumo de alimento e picos febris em porcas gestantes sem imunidade frente ao IAV, como abortos, aumento de infertilidade, nascimento de leitegadas fracas e aumento do número de leitões natimortos (VAN REETH et al., 2012). Os resultados desses estudos demonstraram que desde a pandemia mundial de 2009, o vírus pH1N1 disseminou-se na população de suínos, causando doença clínica importante nos animais.

Dinâmica de infecção de doenças respiratórias na creche

Com o crescimento da imunidade dos planteis após a entrada do pH1N1, a dinâmica de infecção da pneumonia causada pelo IAV sofreu algumas mudanças. A doença passou a ser observada principalmente na creche entre 7 a 21 dias após o alojamento. Além disso, os sinais clínicos tendem a ser mais brandos, já que suínos infectados previamente com pH1N1 ao entrarem em contato com outros subtipos de IAV apresentam infecção limitada (ROMAGOSA et al., 2010). Outro fato interessante é que a presença de doença clínica na creche pode estar relacionada ao menor título de anticorpos frente ao IAV associada à queda dos anticorpos maternos nessa fase, aumentando a susceptibilidade dos animais (RAJÃO et al, 2012).

Nas infecções causadas pelo IAV um grande número de animais pode estar afetado devido à alta taxa de transmissão do vírus, em que um animal infectado pode contaminar até 10 suínos suscetíveis quando não vacinados (ROMAGOSA et al., 2011). Dessa forma, a doença pode surgir subitamente, cursando com hipertermia, anorexia, prostração, dispneia, tosse, espirros, secreção nasal soro-mucosa e perda de peso (CIACCI-ZANELLA & BRENTANO et al., 2012). Como o curso clínico é rápido, cerca de uma semana após o surgimento dos sinais clínicos os animais se recuperam, e existe uma baixa mortalidade de animais.



Embora a maioria dos planteis já possua imunidade frente ao vírus, o IAV possui alta capacidade de recombinação genética e o suíno possui um papel muito importante na dinâmica da doença, sendo capaz de se infectar com diversos subtipos virais de origem suína, aviária e humana. No trato respiratório um rearranjo pode ocorrer entre os diferentes subtipos virais, levando à emergência de novos subtipos virais (VINCENT et al., 2009). Essas mutações permitem o surgimento de novos vírus aos quais os animais podem não possuir imunidade, permitindo a perpetuação da infecção nos planteis e até mesmo o ressurgimento de novos surtos com maior severidade. Além disso, situações estressantes, como oscilações de temperatura, frio, excesso de umidade, ventilação e lotação inadequadas, podem favorecer a multiplicação do IAV e conseqüentemente o surgimento de sinais clínicos.

Em função da infecção viral, os mecanismos de defesa que compõem a resposta imune inata dos animais ficam comprometidos, diminuindo a resistência às infecções secundárias (JAMIESON et al., 2010). Com a queda de imunidade respiratória provocada pelo IAV, associações do vírus com outros agentes infecciosos, como o *H. parasuis* e a *P. multocida* destacam-se em granjas brasileiras. Essas associações com outros patógenos podem acarretar perdas econômicas significativas, agravando e prolongando o curso clínico da doença e aumentando as taxas de mortalidade, incomuns em infecções simples por IAV. Easterday et al. (1999), observaram que os sinais clínicos de influenza foram mais severos e duradouros quando havia outro agente infeccioso associado ao agente viral. Na co-infecção entre IAV e *H. parasuis* geralmente a doença ocorre de forma branda (provavelmente em função das medicações antimicrobianas que são usadas de forma rotineira nas creches brasileiras), porém podem ocorrer casos graves, dependendo dos fatores predisponentes, grau de desafio, imunidade dos animais e do sorotipo de *H. parasuis* ou subtipo de IAV envolvidos na infecção (BARCELLOS et al., 2017).

Outra interação incomum que pode ocorrer na creche é do IAV com *M. hyopneumoniae*. Deblanc et al. (2012) demonstraram que a infecção de suínos com *M. hyopneumoniae* prévia à inoculação com H1N1 causou doença mais grave caracterizada por sinais clínicos mais acentuados e lesões pulmonares mais extensas, além de redução de ganho de peso diário mais severa quando comparados a animais desafiados apenas com o vírus. A infecção prévia por *M. hyopneumoniae* em animais desafiados por Influenza A H1N1 acarreta em uma resposta inflamatória mais acentuada e mais precoce frente ao vírus, aumentando a produção de macrófagos, neutrófilos e citocinas pró-inflamatórias, agravando os sinais clínicos causados pelo IAV (DEBLANC et al., 2016). Já na co-infecção de *M. hyopneumoniae* e Influenza A H1N2 aparentemente existe uma competição entre os agentes, em que a resposta imunológica frente ao vírus pode reduzir a presença da bactéria nos lobos diafragmáticos do pulmão (DEBLANC et al., 2012). Em uma avaliação do impacto econômico gerado pela infecção pelo IAV se observou que a perda é de \$3,23 por leitão afetado. No entanto, na ocorrência de uma infecção mista com *M. hyopneumoniae*, o impacto é mais de três vezes maior (\$10,12 por animal), demonstrando o impacto dessa co-infecção na suinocultura (HADEN et al., 2012).



Dinâmica de infecção de doenças respiratórias na terminação

A pneumonia micoplásmica, causada pelo *M. hyopneumoniae*, corresponde a uma das principais doenças em suínos e possui lugar de destaque entre todas as pneumonias que acometem suínos no Brasil. A bactéria causa uma broncopneumonia crônica que cursa com tosse seca e não produtiva e afeta suínos de todas as idades, principalmente nas fases de crescimento e terminação (DOS SANTOS et al., 2012). A mortalidade de animais infectados por *M. hyopneumoniae* é baixa, porém o agente provoca imunossupressão no trato respiratório, facilitando a infecção por outro patógeno, ocasionando perdas econômicas significativas, incluindo a mortalidade de animais.

A transmissão de *M. hyopneumoniae* pode ocorrer de forma direta (vertical ou horizontalmente), ou indiretamente. No entanto, a presença de matrizes no plantel excretando o patógeno tem importância significativa na dinâmica de infecção desse agente, já que podem perpetuar a infecção nas granjas ou até mesmo colonizar leitões durante a lactação. Embora seja possível identificar porcas positivas para *M. hyopneumoniae* ao parto, as leitoas representam a categoria mais importante na transmissão vertical de *M. hyopneumoniae*, pois apresentam menor imunidade e eliminam a bactéria com maior frequência quando comparadas às matrizes de maior ordem de parto (CALSAMIGLIA & PIJOAN, 2000). Em outro estudo conduzido por Pijoan (2003) observou-se que 92% das porcas de ordem de parto 0 a 2 excretavam *M. hyopneumoniae* no período lactacional, enquanto que matrizes de ordem de parto maior ou igual a três apresentam cerca de 20% de positividade.

Sabendo-se da importância das leitoas e matrizes de menor ordem de parto (CALSAMIGLIA & PIJOAN, 2000) na transmissão de *M. hyopneumoniae* para leitões lactentes, Takeuti et al. (2017b) avaliaram a prevalência de leitoas de reposição (interna) positivas para *M. hyopneumoniae* quando introduzidas em granjas positivas. Observou-se que 47 e 67,4% das leitoas são positivas para *M. hyopneumoniae* aos 150 dias de idade e uma redução significativa na prevalência de leitoas positivas foi observada até o desmame. No entanto, a presença de mais de 30% de animais negativos durante todo o período do estudo também pode indicar uma futura susceptibilidade à infecção por *M. hyopneumoniae*, demonstrando que mesmo leitoas de reposição interna devem ser aclimatadas para que futuras infecções não ocorram, para que a excreção da bactéria não ocorra durante o período lactacional e para que os leitões não se venham a se infectar neste período.

Sabendo-se que os leitões nascem livres de *M. hyopneumoniae* (PIETERS, 2012) e estão suscetíveis à colonização já nas primeiras semanas de vida (CLARK et al., 1991), a chance de leitões serem colonizados por *M. hyopneumoniae* durante a lactação quando em contato com matrizes que estejam eliminando a bactéria é alta. Wurtz et al. (2016) observaram que a chance de infecção pelos leitões é 5.4 vezes maior se suas mães estiverem excretando a bactéria. Além disso, quanto mais tempo os leitões permanecem em contato com porcas positivas (período lactacional maior), maior a probabilidade de colonização dos leitões por *M. hyopneumoniae* (PIETERS et al., 2014). Na ocorrência de transmissão entre porca e leitões, um número significativo de leitões pode ser colonizado através de aerossóis ou contato direto com suas mães até o desmame (FANO et al., 2007; PIETERS et al., 2014). Ainda, a prevalência de leitões desmamados colonizados por *M. hyopneumoniae* está relacionada não só com o aumento na prevalência de lesões pulmonares ao



abate, mas também com a severidade das mesmas, podendo ser um indicativo de problema futuro que será observado na terminação e abate (FANO et al., 2007).

Outra forma importante de transmissão de *M. hyopneumoniae* é horizontalmente por contato direto entre leitões positivos e suscetíveis durante a creche e terminação. A prevalência de leitões desmamados positivos para *M. hyopneumoniae* varia e pode estar relacionada ao tipo de sistema de produção. Em granjas de ciclo completo, a infecção tende a ser mais precoce (maternidade), pela transmissão progressiva e constante entre os animais suscetíveis e infectados (SIBILA et al., 2004; GIACOMINI et al., 2016). Já em sistemas de múltiplos sítios (dois sítios, três sítios ou wean-to-finish), as infecções tendem a ser tardias devido à interrupção na transmissão horizontal de *M. hyopneumoniae*, já que os animais são separados e reagrupados. Dessa forma, um menor número de leitões é colonizado na maternidade, porém um aumento abrupto de suínos infectados pode ser observado na terminação (SIBILA et al., 2004; GIACOMINI et al., 2016). Para determinar o início e duração da excreção de *M. hyopneumoniae* em infecções naturais, Takeuti et al. (2017a) avaliaram mensalmente leitoas alojadas em três sítios diferentes desde os 20 dias de idade até o primeiro desmame através de PCR em amostras obtidas por swab laríngeo. Somente a partir dos 110 dias de idade as leitoas começaram a ser detectadas positivas, com um aumento significativo na prevalência (36,4%) de animais positivos aos 140 dias de idade, momento em que normalmente são observados sinais clínicos nos animais.

Além de favorecer a transmissão horizontal entre os animais e redução de performance ser observada, a presença de suínos positivos para *M. hyopneumoniae* durante a terminação também está correlacionada com a presença (FABLET et al., 2012) e a severidade de lesões pulmonares ao abate (VRANCKX et al., 2012), evidenciando o quanto a presença do agente infeccioso na terminação tem relação direta com o que é observado no abate. Vale ressaltar que existe forte associação da ocorrência de doenças respiratórias com fatores ambientais e de manejo, que aumentam a susceptibilidade do animal à infecção por *M. hyopneumoniae* devido a uma redução dos mecanismos de defesa do sistema muco-ciliar, que atua protegendo o sistema respiratório do suíno. Além disso, situações estressantes, como frio, disputa por hierarquia, lotação e espaço de cocho inadequados, podem levar à diminuição da imunidade celular (VERBRUGGHE et al., 2012), que tem papel importante nas infecções causadas pelo *M. hyopneumoniae*. Essas situações que causam imunossupressão ao animal, associados à patogenia do *M. hyopneumoniae*, facilitam a ocorrência de infecções mistas, tanto por vírus quanto por bactérias.

A co-infecção mais frequentemente observada na terminação em granjas brasileiras é a de *M. hyopneumoniae* e *P. multocida*. Após avaliação histopatológica e imuno-histoquímica observou-se que mais de 97% dos pulmões de suínos de abate com isolamento de *P. multocida* apresentava lesões microscópicas compatíveis com a co-infecção entre essas duas bactérias. Além disso, em 61% dos pulmões acometidos por *P. multocida* houve marcação positiva para *M. hyopneumoniae*. Essa associação é favorecida pela patogenia da infecção provocada pelos dois agentes. Park et al. (2016) demonstraram que durante o processo de multiplicação nos cílios do epitélio respiratório, *M. hyopneumoniae* modifica e aumenta a concentração de um tipo de lectina conjugada (glicoconjugado rico em L-fucose). A *P. multocida* utiliza este açúcar como receptor, desenvolvendo forte aderência e multiplicando-se nas áreas colonizadas por *M. hyopneumoniae* em brônquios e bronquíolos. Na ocorrência da infecção mista por essas duas bactérias, os sinais clínicos e lesões tendem a



ser mais graves, além de pleurites serem observadas e perdas significativas ocorrem através de condenações de carcaças ao abate.

Referências bibliográficas

- BARCELLOS, D.E.S.N.; TAKEUTI, K.L.; ALMEIDA, L.L. & OLIVEIRA FILHO, J.X. Interação entre agentes infecciosos bacterianos e virais no complexo de doenças respiratórias dos suínos. In: Avanços em sanidade, produção e reprodução de suínos. Eds. Barcellos, D.; Bortolozzo, F.P.; Wentz, I.; Bernardi, M.L.; Mellagi, A.P.G. & Ulguim, R.R. 2. ed. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p.133-143. 2017.
- BRENTANO L., ZANELLA J.R.C., MORES N. & PIFFER I.A. Levantamento soropidemiológico para coronavírus respiratório e da gastroenterite transmissível e dos vírus de influenza H3N2 e H1N1 em rebanhos suínos no Brasil. Comunicado Técnico, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, p.1-6, 2002.
- CALSAMIGLIA, M. & PIJOAN, C. Colonisation state and colostral immunity to *Mycoplasma hyopneumoniae* of different parity sows. *Veterinary Record*. 146, 530-532. 2000.
- CIACCI-ZANELLA, J.; SCHAEFER, R.; SCHIOCHET, M.; SILVEIRA, S.; CARON, L.; PIOVEZAN, U. & JULIANO, R. Current and retrospective serology study of influenza A viruses antibodies in Brazilian pig populations. *Proceedings of the International Symposium on Emerging and Re-emerging Pig Diseases, Espanha*, p. 177. 2011.
- CIACCI-ZANELLA, J. & BRENTANO, L. Influenza suína. In: *Doenças dos Suínos*. Eds. Sobestiansky, J. & Barcellos, D. 2.ed. Goiânia: Cãnone Editorial, p.355-362. 2012.
- CLARK, L.K.; ARMSTRONG, C.H.; FREEMAN, J.M. SCHEIDT, A.B. & KNOX, K. Investigating the transmission of *Mycoplasma hyopneumoniae* in a swine herd with enzootic pneumonia. *Veterinary Medicine*. 86, 543-550. 1991.
- DEBLANC, C.; GORIN S.; QUÉGUINER, S.; GAUTIER-BOUCHARDON, A.V.; FERRÉ, S.; AMENNA, N.; CARIOLET, R. & SIMON, G. Pre-infection of pigs with *Mycoplasma hyopneumoniae* modifies outcomes of infection with European swine influenza virus of H1N1, but not H1N2, subtype. *Veterinary Microbiology*. 157, 96-105. 2012.
- DEBLANC, C.; DELGADO-ORTEGA, M.; GORIN, S.; BERRI, M.; PABOEUF, F.; BERTHON, P.; HERRLER, G.; MEURENS, F. & SIMON, G. *Mycoplasma hyopneumoniae* does not affect the interferon-related anti-viral response but predisposes the pig to a higher level of inflammation following swine influenza virus infection. *Journal of General Virology*. 97, 2501-2515. 2016.
- DOS SANTOS, J.L.; DOS SANTOS, L.F.; MATOS, M.C.; SOBESTIANSKY, J. & BARCELLOS, D. Micoplasmoses. In: *Doenças dos Suínos*. Eds. Sobestiansky, J. & Barcellos, D. 2. ed. Goiânia: Cãnone Editorial, p.216-229. 2012.
- EASTERDAY, B.C. & VAN REETH, K.V. Swine Influenza. In: *Diseases of Swine*. Eds. Straw, B.E.; D`Allaire, S.; Mengeling, W.L. & Taylor, D.J. Oxford: Blackwell Publishing, p. 277-290. 1999.
- FABLET, C.; MAROIS-CRÉHAN, M.; SIMON, G.; GRASLAND, B.; JESTIN, A.; KOBISCH, M.; MADEC, F. & NOSE, N. Infectious agents associated with respiratory diseases in 125 farrow-to-finish pig herds. *Veterinary Microbiology*. 157, 152-163. 2012.
- FANO, E.; PIJOAN, C.; DEE, S. & DEEN, J. Effect of *Mycoplasma hyopneumoniae* colonization at weaning on disease severity in growing pigs. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 71, 195-200. 2007.
- GIACOMINI, E.; FERRARI, N.; PITOZZI, A.; REMSTANI, M.; GIARDIELLO, D.; MAES, D. & ALBORALI, G.L. Dynamics of *Mycoplasma hyopneumoniae* seroconversion and infections in pigs in the three main production systems. *Veterinary Research Communications*. 40, 81-88. 2016.



- GIRARD, M.P.; TAM, J.S.; ASSOSSOU, O.M. & KIENY, M.P. The 2009 A (H1N1) influenza virus pandemic: A review. *Vaccine*, 28(31), 895-902, 2010.
- HADEN, C.D.; PAINTER, T.; FANGMAN, T. & HOLTKAMP, D. Assessing production parameters and economic impact of swine influenza, PRRSV, and *Mycoplasma hyopneumoniae* on finishing pigs in a large production system. *Proceedings of the AASV, EUA*, p.75-76. 2012.
- JAMIESON, A.; SHUANG YU, S.; ANNICELLI, C.A. & MEDZHITOV, R. Influenza virus-induced glucocorticoids compromise innate host defense against a secondary bacterial infection. *Cell Host Microbe*. 7, 103-114. 2010.
- MORES, M.A.Z.; OLIVEIRA FILHO, J.X.; REBELATTO, R.; KLEIN, C.S.; BARCELLOS, D.E.S.N.; COLDEBELLA, A. & MORES, N. Aspectos patológicos e microbiológicos das doenças respiratórias em suínos de terminação no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 35(8), 725-733, 2015.
- PARK, C.; JEONG, J.; KANG, I.; CHOI, K.; PARK, S.J. & CHAE, C. Increased fucosyl glycoconjugate by *Mycoplasma hyopneumoniae* enhances adherences of *Pasteurella multocida* type A in the ciliated epithelial cells of the respiratory tract. *Veterinary Research*. 12, 1-6. 2016.
- PIETERS, M. *Mycoplasma hyopneumoniae* prevalence at weaning: what do we know (and do not know) about it? *Proceedings of the Allen D. Leman Swine Conference*, p.87-89. 2012.
- PIETERS, M.; CLINE, G.S.; PAYNE, B. J.; PRADO, C.; ERTL, J.R. & RENDAHL, A.K. Intra-farm risk factors for *Mycoplasma hyopneumoniae* colonization at weaning age. *Veterinary Microbiology*. 172, 575-580. 2014.
- PIJOAN, C. Prevalence of *Mycoplasma hyopneumoniae* in different parity sows as a preliminary tool for eradication. *Research Report: Swine Health*. 2, 1-5. 2003.
- RAJÃO, D.S. Detecção e caracterização de isolados de vírus da influenza em suínos no Brasil. Tese. UFMG, 2012.
- RAJÃO, D.S.; ALVES, F.; DEL PUERTO, H.L.; BRAZ, G.F.; OLIVEIRA, F.G.; CIACCI-ZANELLA, J.R.; SCHAEFER, R.; DOS REIS, J.K.; GUEDES, R.M.; LOBATO, Z.I. & LEITE, R.C. Serological evidence of swine influenza in Brazil. *Influenza Other Respiratory Viruses*. 7, 109-112, 2013a.
- RAJÃO, D.S.; COSTA, A.T.; BRASIL, B.S.; DEL PUERTO, H.L.; OLIVEIRA, F.G.; ALVES, F.; BRAZ, G.F.; REIS, J.K.; GUEDES, R.M.; LOBATO, Z.I. & LEITE, R.C. Genetic characterization of influenza virus circulating in Brazilian pigs during 2009 and 2010 reveals a high prevalence of the pandemic H1N1 subtype. *Influenza Other Respiratory Viruses*. 7(5), 783-90, 2013b.
- RAJÃO, D.S.; COUTO, D.H.; GASPARINI, M.R.; COSTA, A.T.R.; REIS, J.K.P.; LOBATO, Z.I.P.; GUEDES, R.M.C. & LEITE, R.C. Diagnosis and clinic-pathological findings of influenza virus infection in Brazilian pigs. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 33(1), 30-36, 2013c.
- ROMAGOSA, A.; TORREMORELL, M.; GRAMER, M.; DEEN, J. & JOO, H.S. Transmission dynamics of a H1N1 swine influenza virus in a population previously infected with the 2009 pandemic H1N1 strain. *Proceedings of IPVS, Canada*, p.266. 2010.
- ROMAGOSA, A.; ALLERSON, M.; GRAMER, M.; SOO JOO, H.; DEEN, J.; DETMER, S. & TORREMORELL, M. Vaccination of influenza a virus decreases transmission rates in pigs. *Veterinary Research*, 42, 120, 2011.
- SCHAEFER, R.; ZANELLA, J.R.C.; BRENTANO, L.; VINCENT, A.L.; RITTERBUSCH, G.A.; SILVEIRA, S.; CARON, L. & MORES, N. Isolation and characterization of a pandemic H1N1 influenza virus in pigs and Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 31, 761-767, 2011.
- SIBILA, M.; CALSAMIGLIA, M.; VIDAL, D.; BADIELLA, L.; ALDAZ, A. & JENSEN, J.C. Dynamics of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection in 12 farms with different production systems. *Canadian Veterinary Research*. 68, 12-18. 2004.



SILVA, A.; PAGANINI, F.; ACOSTA, J.; ROCHA, P.; MISTURA, H.; MARCON, E.; SIMON, V. & CASAGRANDE, H. Estudo do perfil das doenças respiratórias nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil. Anais da X ABRAVES, p.31-32. 2001.

STEPAN, A.L.S. Tipificação e sensibilidade de amostras de *Pasteurella multocida* isoladas a partir de lesões de pleurite em suínos terminados. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 1995.

TAKEUTI, K.L.; WATANABE, T.T.N.; DE CASTRO, L.A.; DRIEMEIER, D. & BARCELLOS, D.E.S.N. Caracterização histopatológica e imuno-histoquímica da pneumonia causada pela co-infecção por *Pasteurella multocida* e *Mycoplasma hyopneumoniae* em suínos. Acta Scientiae Veterinariae. 41, 1-6. 2013.

TAKEUTI, K.L.; BARCELLOS, D.E.S.N.; DE LARA, A.C.; KUNRATH, C.F. & PIETERS, M. Detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* in naturally infected gilts over time. Veterinary Microbiology. 203, 215-220, 2017a.

TAKEUTI, K.L.; BARCELLOS, D.E.S.N.; DE ANDRADE, C.P.; DE ALMEIDA, L.L.; PIETERS, M. Infection dynamics and genetic variability of *Mycoplasma hyopneumoniae* in self-replacement gilts. Veterinary Microbiology. 208, 18-24, 2017b.

TAKEUTI, K.L. & BARCELLOS, D.E.S.N. O que há de novo sobre a infecção por *Mycoplasma hyopneumoniae* em suínos. In: Avanços em sanidade, produção e reprodução de suínos. Eds. Barcellos, D.; Bortolozzo, F.P.; Wentz, I.; Bernardi, M.L.; Mellagi, A.P.G. & Ulguim, R.R. 2. ed. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p.115-122. 2017.

THACKER, E.L. & MINION, F.C. Mycoplasmosis. In: Diseases of Swine. Eds. Zimmermann, J.J.; Karriker, L.A.; Ramirez, A.; Schwartz, K.J. & Stevenson, G.W. 10. ed. Ames: Wiley-Blackwell, p.779-797. 2012.

VAN REETH, K.; BROWN, I.H. & OLSEN, C.W. Influenza Virus. In: Diseases of Swine. Eds. Zimmermann, J.J.; Karriker, L.A.; Ramirez, A.; Schwartz, K.J. & Stevenson, G.W. 10. ed. Ames: Wiley-Blackwell, p.557-571. 2012.

VERBRUGGHE, E.; BOYEN, F.; GAASTRA, W.; BEKHUIS, L.; LEYMAN, B.; VAN PARYS, A.; HAESEBROUCK, F. & PASMANS, F. The complex interplay between stress and bacterial infections in animals. Veterinary Microbiology. 155, 115-127. 2012.

VINCENT, A.L.; MA, W.; LAGER, K.M.; GRAMER, M.R.; RICHT, J.A. & JANKE, B.H. Characterization of a newly emerged genetic cluster of H1N1 and H1N2 swine influenza virus in the United States. Virus Genes, 39, 176-185, 2009.

VRANCKX, K.; MAES, D.; SACRISTA, R.D.P.; PASMANS, F. & HAESEBROUCK, F. A longitudinal study of the diversity and dynamics of *Mycoplasma hyopneumoniae* infections in pig herds. Veterinary Microbiology. 156, 315-321. 2012.

WATANABE, T.T.N.; ALMEIDA, L.L.; WOUTERS, F.; WOUTERS, A.T.B.; ZLOTOWSKI, P. & DRIEMEIER, D. Histopathological and immunohistochemical findings of swine with spontaneous influenza A infection in Brazil, 2009-2010. Pesquisa Veterinária Brasileira. 32(11), 1148-1154, 2012.

WURTZ, T.; GREINER, L.; WADDELL, J.; FANO, E. & EDLER, R. Determining the prevalence of *Mycoplasma hyopneumoniae* colonization of weaned piglets from gilt litters. Proceedings of the AASV, EUA, p.249. 2016.



GESTÃO, MANEJO E BEM-ESTAR



UNDERSTANDING THE ECONOMIC IMPACT OF FEED MILL VARIANCES

Mark D. Newcomb¹ and Jeffrey Hansen¹

¹PhD
NutriQuest® LLC

Feed mill quality systems are not often considered when evaluating overall nutrition and feed delivery systems. Typically, the quality systems that are in place in commercial feed mills and the economic implications of quality differ from those found in mills that are linked in an integrated production system. This presentation will discuss how milling systems within an integrated production system may provide opportunities to explore the issue of feed milling variances and how those variances might impact system economic performance.

“Quality”, simply put, can be explained as “conformance to design.” An example that sometimes helps to describe “quality” is a McDonalds hamburger. Few people would ever say that the McDonalds hamburger is the ‘Best’ burger that they have eaten, but McDonalds does a ‘quality’ job of always making the burger the same – within the same store or across countries! In that explanation, one would say that McDonalds generally has excellent quality. To do this well, McDonalds has to measure ‘variance’ or differences from an ‘ideal’ standard and have expectations that incent conformance to the “ideal.”

In a traditional commercial feed mill, ‘quality’ systems are often designed to ensure that:

- Feed meets label guarantee. Ex: Moisture, Protein, Fat, Fiber, Lysine in some countries.
- Feed meets physical standards that the customer expects.
- Feed meets legal requirements for any drug use.

Typically, the teams managing operation of the mill are required to meet those quality parameters and beyond that point, they are incented to meet production standards such as: shrink, energy use per ton, tons per hour or manhour, safety, etc.

In a mill integrated with a live animal production company however, the incentives are slightly different and important to recognize. Generally, there is no option to ‘fire’ the nutrition company and switch to another as is possible with the more traditional commercial feed mill. It is very important that the incentives to the feed mill are structured to ensure that the mill is delivering toward the profitability of the whole system and that systemwide implications of any variances in feed production are recognized and assigned fairly.

In a commercial mill most shrink that is found in the system is viewed as an economic loss. This includes the obvious shrink of moisture, dust, discarded product, recalled materials - all shrink represents tonnes that are not available for sale. Contrasting that in an integrated mill, the moisture loss noted would actually be good, since any moisture, if accounted for within formulation, is a benefit to the manufacturing and transportation of fewer tonnes. Clearly, other shrinkage of lost volume is bad from either perspective, such an example might be theft.



Milling accuracy has different implications between commercial mills and integrated mills. In integrated mills are typically designed to ensure that the mill operates near capacity with the number of animals in a system. As a farm grows in animal numbers, there tends to be more tonnes assigned to the mill beyond the original design expectation, which places pressure to increase tonnes through the system. This can lead to pressure for operators to hit tonnage goals. Consider this scenario: What happens in a system if a 5 tonne batch of feed is made and a system error shows that phytase was not added at the level expected? Generally speaking, the batching system would require a manual 'over-ride' to continue production, but what happens to that feed? Usually, there is no option to rework that feed in an expeditious fashion, so those 5 tonnes will be delivered into the production system and the 'error' will never have any assignment of its biological implication against it. The only noticeable implication will be a change in closeout animal feed efficiency that will never be correlated against the feed error. In this example, an error never has any implication, so there is no motivation for the operator to fix the system.

Quality systems in integrated mills are seldom designed to monitor each batch of feed. The systems typically sample a very small percentage of total tonnage and look for gross errors in protein, fat, amino acids or minerals. These analyses are not specific enough to trace problems and seldom result in any actionable steps to improve the system even if they are found to be out of compliance. The tendency of management when reviewing the cost of these analyses vs any actions that they take is to further reduce the 'spend' and save the money.

What if every batch of feed in a system was evaluated for 'errors'? Think about it. We have sophisticated batching systems in mills that track the 'formulation' expectations of the feed and the realities of how much of each ingredient is actually added into each batch of feed. In nearly all situations we have data that shows the variance between these. Likewise, we have quality metrics that have financial implications, such as particle size or pellet quality. Why not design a quality system that integrates the financial implications of 'out-of-tolerance events'? We believe such a system can provide specific and actionable outcomes to the mill operator and create better alignment between the feed mill and live production.



PONTOS CRÍTICOS EM AMBIÊNCIA PARA SUÍNOS

Gustavo Freire Resende Lima¹, Bruna L. Portela² e Amanda Pimenta Siqueira³

¹*Especialista em Crescimento e Validação de Produtos Agroceres PIC*

²*Validação de Produtos Agroceres PIC*

³*Gerente de Serviços Técnicos Agroceres PIC*

Contexto

A produção de suínos brasileira está cada vez mais tecnificada, o que resulta em uma grande evolução produtiva e econômica em toda cadeia. As empresas buscam formas de incremento em produtividade de maneira econômica tendo em suas mãos ferramentas de altíssimo nível tecnológico em nutrição, sanidade, genética, manejo/gerenciamento, dentre outros. Com isso, investimentos em ambiência entram na lista das prioridades para melhorias de produtividade e de ganho de diferenciais econômicos nos sistemas, uma vez que os outros pilares da produção citados acima, já estão relativamente mais evoluídos.

Porém, como todo investimento, é necessário que haja uma análise de risco econômico ampla levando em consideração os diversos modelos de climatização, as particularidades de mecanismos de troca de calor e fisiologia da espécie suína, a fase de produção a ser climatizada, o custo do investimento e o incremento zootécnico necessário para o retorno ao capital investido.

Importância econômica do controle de ambiente

Em uma análise de desempenho zootécnico e econômico referente a 432 e 364 lotes terminados em galpões de ventilação natural e ventilação em túnel respectivamente, Lally & Edwards (1999) observaram uma vantagem econômica de 5,61 dólares por suíno terminado em lotes criados em galpões de ventilação em túnel.

Esta vantagem econômica foi resultado principalmente da menor frequência de animais refugados, uma maior taxa de ganho diário de peso e melhor conversão alimentar na fase, apesar dos lotes terem consumido uma maior quantidade de ração, o que demonstrou o impacto do controle de ambiente na qualidade animal e eficiência alimentar (Tabela 1).



Tabela 1. Efeito do tipo de ventilação sobre o desempenho de suínos em terminação.

Variável	Ventilação natural	Ventilação túnel	Dif. (Túnel – Natural) -%
CR total (Kg)	258,2	258,9	0%
Dias aloj.	132a	130b	-2%
CRD (Kg/dia)	1,955a	1,996b	2%
Peso inicial (Kg)	19,732a	20,231a	3%
Peso final (Kg)	109,5a	113,8b	4%
Ganho na fase (Kg)	89,7a	93,5b	4%
GPD fase (Kg/dia)	0,676a	0,717b	6%
CA fase	2,878a	2,768b	-4%
Refugagem (%)	4,90a	3,22b	-34%
Mort. (%)	3,56	3,25	-9%

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem ao nível de $p < 0,01$.

Termorregulação e definição de zona de conforto térmico

Animais homeotérmicos, como os suínos, são capazes de manter a temperatura corporal dentro de certos limites balanceando as taxas de perda e produção de calor. Em condições termo neutras, a produção de calor é resultado da utilização da energia metabolizável para a manutenção e produção. A temperatura corporal se mantém constante através das perdas de calor total, que é a partição entre perda de calor latente ou evaporativo e perda de calor sensível (RENAUDEAU et al., 2012).

Mount et al., 1974 definiu a zona de termo neutralidade como a faixa de temperatura ambiente na qual, a um certo nível de consumo energético, a produção de calor é mínima e constante. Ainda, os limites inferiores e superiores da zona de conforto térmico são chamadas de temperatura crítica inferior e temperatura crítica superior respectivamente.

A temperatura ambiente afeta a perda de calor sensível e latente (evaporativo). A perda de calor sensível depende predominantemente do gradiente entre a superfície animal e as superfícies de contatos que podem ser elas o ar, o piso, outro animal, dentre outros. Além disso, à medida que a perda de calor sensível se torna menos efetiva pela redução do gradiente térmico, há o aumento da perda de calor evaporativo pelo aumento da taxa respiratória (RENAUDEAU et al., 2012).

Referente as perdas de calor pelo suíno, Jacobson (2011) descreveu que os animais podem perder de 5 a 10% do calor por condução, aproximadamente 20% por convecção natural, 30% por convecção forçada e 40% por evaporação. Com isso, pode-se utilizar o perfil de trocas de calor pelo suíno para a análise estratégica de qual sistema de climatização, ou controle de ambiência, que se pode utilizar em função da categoria animal ou fase de produção.



Controle de ambiente para suínos

É importante frisar que, não necessariamente os sistemas de produção climatizados devem ser totalmente controlados, uma vez que o conforto térmico animal se dá por uma faixa de temperatura, dentro das temperaturas críticas mínimas e máximas, das faixas de umidade relativa do ar, dos teores dos diferentes gases do galpão, dentre outros.

Quando da tomada de decisão para novos projetos, deve-se levar em consideração os materiais para a construção dos galpões com foco na redução da produção de calor total dos mesmos, explorar os conceitos de ventilação natural, se for o caso, analisar ferramentas adicionais de controle de ambiente como por exemplo os ventiladores de teto, e, em análise mais profunda, decidir por sistemas de climatização totalmente controlados.

Para que a tomada de decisão se torne precisa, deve-se levar em consideração os parâmetros básicos de ambiência que seriam primeiramente a temperatura e, não menos importante, a umidade relativa. A Figura 1 demonstra as temperaturas médias em um período de um ano de um galpão de creche que, pelas análises do parâmetro temperatura interna, se tomou a decisão da climatização total por ventilação forçada com placa evaporativa. Observa-se que, a construção não apresenta gargalos de aquecimento ao longo do ano, pelo menos em termos médios, porém existe uma oportunidade de resfriamento nas últimas semanas da fase.

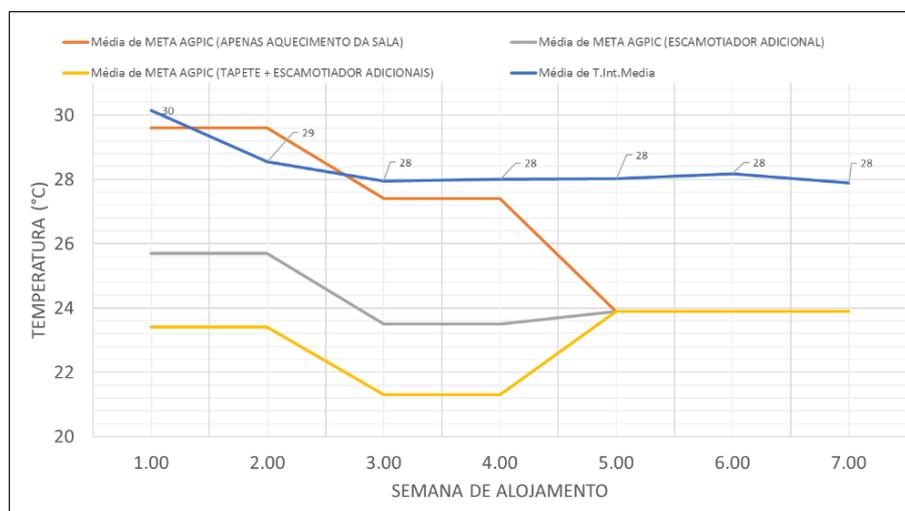


Figura 1. Temperaturas anuais internas médias de salas de creche e temperaturas desejadas, com diferentes recursos de aquecimentos extra, em função das semanas de alojamento.

Conceito de ventilação mínima

A ventilação de galpões consiste na retirada e distribuição de ar com a fim de garantir a respiração e a diluição de gases poluentes/tóxicos gerados (AWBI, 2003), assegurando a saúde animal e o controle térmico. Com isso, tem-se como o conceito de ventilação mínima, a taxa de ventilação necessária ($m^3/hora/animal$ ou CFM-Cubic Feet per Minute/Animal) para que se mantenha uma boa qualidade de ar e a temperatura interna do galpão. A ventilação chega aos níveis mínimos quando a produção de calor total da instalação está menor que a temperatura desejada para determinada fase de produção.



Assim, os parâmetros de ventilação mínima são definidos em função do peso vivo animal para o controle de certos níveis de CO₂ no ambiente (Figura 2). Em galpões bem ventilados, já em ventilação forçada propriamente dita, os níveis de CO₂ são de aproximadamente 1.000 ppm, porém em condições de inverno, quando os galpões operam em ventilação mínima, estes valores podem chegar tão altos quanto 10.000 ppm (Donham et al., 2006). Contudo, níveis de CO₂ acima de 5.000 ppm afetam o desempenho zootécnico conforme a Tabela 2.

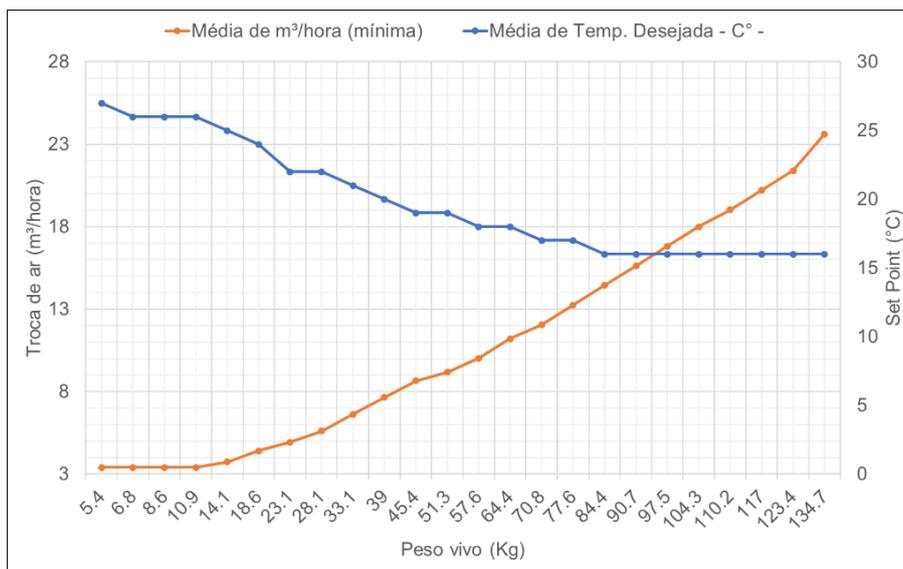


Figura 2. Taxas de ventilação mínima em m³/hora e Set Point em °C em função do peso vivo em Kg (Agrocere PIC, 2015).

Tabela 2. Efeitos de diferentes gases em suínos e humanos¹.

Gás	Concentração Tempo de exposição	Efeitos Sintomas em humanos	Efeitos Sintomas em suínos
H ₂ S	10 ppm	Irritação nos olhos	-
	20 ppm / mais de 20 minutos	Irritação nos olhos, nariz e garganta	-
	20 ppm / exposição contínua	-	Foto sensibilidade, redução de consumo e irritabilidade comportamental
NH ₃	5 - 20 ppm	Irritação nos olhos e problemas respiratórios	-
	50 ppm	-	Redução do desempenho, aumento da incidência de pneumonia
	100 ppm	Irritação na mucosa	Espirros, salivação, redução de consumo e desempenho
CO ₂	> 5.000 ppm	-	Redução do consumo e ganho de peso diário

¹Adaptado de Donham et al., 2006 e Mark Oberreuter, P.E. AP.



Modelagem da curva de ventilação

A ventilação, por definição, é a movimentação do ar através das instalações resultando em consecutivas renovações do mesmo por cinco razões básicas sendo:

- Remoção do excesso de calor.
Remoção do excesso de umidade.
- Minimização de poeira.
- Evitar acúmulo de gases nocivos.
- Prover oxigênio para a respiração.

Porém, este processo deve ocorrer de maneira que não venha a causar estresse no animal, portanto, deve ocorrer de maneira suave (Bottcher et al., 2001).

Para modelar uma curva de ventilação, para que esta seja a mais suave possível, é necessário dimensionar as necessidades de exaustão, ou trocas de ar, em função da capacidade dos exaustores disponíveis. A Tabela 3 demonstra a capacidade média de exaustores em função do respectivo tamanho e é importante salientar que os valores descritos são valores médios entre várias marcas e modelos de exaustores à uma pressão estática ótima de funcionamento.

Tabela 3. Capacidade de exaustores em função de seu diâmetro em polegadas.

Tamanho do ventilador (polegadas)	CFM extraído	CFM extraído (com cone)	m ³ /h extraído
8	450	500	765
10	1.100	1.200	1.868
12	1.500	1.600	2.550
18	3.500	3.600	5.946
24	5.700	6.000	9.684
36	9.700	10.000	16.480
48	17.000	18.000	28.883
50	22.000	23.000	37.378
55	23.000	24.000	39.077

Fonte: Laboratório Bess. U. Illinois - 36 empresas, 27 tamanhos de exaustores e 1.736 modelos.

Neste contexto, a fim de modelar uma curva de ventilação suave, é importante a utilização de exaustores de velocidade variável e de tamanho correto em função do tamanho do galpão e das exigências de troca de ar mínimas e máximas totais. Assim, é necessário o entendimento que, exaustores funcionando a velocidades muito baixas não extraem, ou não tem a mesma eficiência, que exaustores funcionando em velocidades maiores (Guia de Crescimento Agroceres PIC). De maneira geral não é recomendado a operação de exaustores de velocidade variável abaixo de 50% da velocidade pela maior perda de eficiência do mesmo (Figura 3).

A Figura 4 exemplifica uma curva de ventilação de uma sala de creche de 12x23x2,75m com capacidade para 800 leitões desmamados com 21 dias de idade e descrechados com 63 dias, onde se trabalha com exaustores de velocidade variável. Observa-se que, nas etapas iniciais da ventilação, a mudança das taxas de



troca de ar ($m^3/hora/animal$) são realizadas de maneira gradual, para que os animais não sejam estressados com mudanças bruscas de velocidade do vento, apesar que esta seja muito baixa em função das dimensões da sala.

É importante ponderar que os sistemas de ventilação forçada, ou pressão negativa, exploram a sensação térmica animal através da velocidade do vento, onde há uma redução da sensação de calor do animal em função do aumento da velocidade de vento. Então é comum que, em sistemas de pressão negativa, as temperaturas dos termômetros convencionais (Termômetros de bulbo seco) oscilem ao longo do dia, porém com a sensação térmica e a devida troca de calor animal se mantendo relativamente estável ao longo do período.

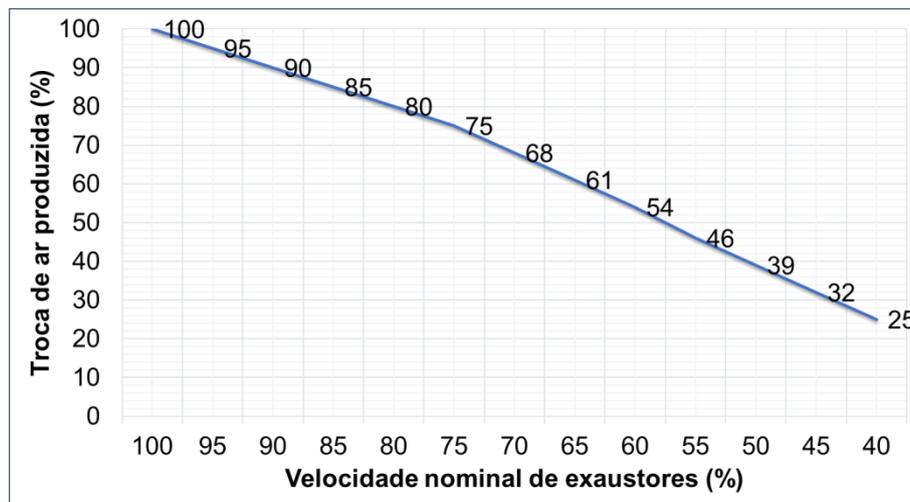


Figura 3. Relação entre a velocidade nominal de exaustores de velocidade variável e a troca de ar produzida em % (Agroceres PIC, 2015)

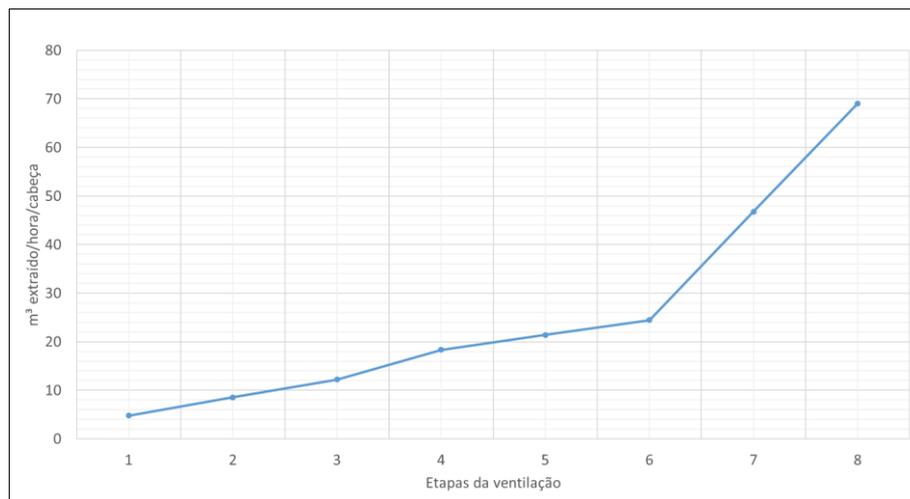


Figura 4. Curva de ventilação em uma creche de 12x23x2,75 com capacidade para 800 leitões (Serviços Técnicos AGPIC).



Análise de risco econômico para a tomada de decisão

Conforme descrito, existe um benefício fisiológico que se reflete em benefício zootécnico e econômico pelo o aumento da eficiência animal. Porém, muitas das vezes, em função das várias configurações do mercado como preço do suíno vivo, tipo de produção (se Ciclo Completo, se apenas UPL, se apenas Creche, de apenas Terminação ou sistema Wean To Finish) e custo de implementação do controle de ambiente, existe um alto risco envolvido no investimento. Portanto, o estudo da região e da fase de produção a ser investida se torna muito importante.

Com isso, o processo de tomada de decisão sobre o investimento pode ser analisado de uma perspectiva um pouco diferente, onde analise-se o benefício zootécnico necessário para o retorno ao capital investido em função dos critérios de custo de desembolso, juros sobre o capital e tempo de amortização da dívida. A Tabela 4 expõe o diferencial zootécnico necessário para os diferentes níveis de investimento em uma creche na qual se tomou a decisão de climatização por pressão negativa com placa evaporativa.

Tabela 4. Análise de risco em função do investimento em climatização de galpões de creche.

Item*	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Valor (R\$) equipamento	R\$ 292.681,42	R\$ 525.634,00	R\$ 358.370,24	R\$ 438.710,00
Valor (R\$) parcial/grupo	R\$ 41.811,63	R\$ 75.090,57	R\$ 51.195,75	R\$ 62.672,86
Adicional elétrica (R\$)/grupo	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Adicional civil (R\$)/grupo	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Valor total (R\$)/sala	R\$ 56.811,63	R\$ 90.090,57	R\$ 66.195,75	R\$ 77.672,86
Valor total do projeto	R\$ 397.681,42	R\$ 630.634,00	R\$ 463.370,24	R\$ 543.710,00
Análise Zootécnica e Econômica				
Item	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Nº de descrechados/sala	720	720	720	720
Giro por ano (quatro dias vazio)	7.30	7.30	7.30	7.30
R\$/Kg PV (Cepea-MG)	R\$ 3,79	R\$ 3,79	R\$ 3,79	R\$ 3,79
Proporção R\$ do Kg PV leiteão/ R\$ do Kg cevado	1.875	1.875	1.875	1.875
R\$/Kg PV de leiteão	R\$ 7,11	R\$ 7,11	R\$ 7,11	R\$ 7,11
Receita - R\$/leiteão	R\$ 152,86	R\$ 152,86	R\$ 152,86	R\$ 152,86
Melhora do DGP para retorno em cinco anos	0.007	0.010	0.008	0.009
Melhora do DGP para retorno em dez anos	0.003	0.005	0.004	0.005
Melhora do DGP(%) para retorno em cinco anos	2%	3%	2%	3%
Melhora do DGP(%) para retorno em dez anos	1%	2%	1%	1%

*Dois galpões = sete salas de 720 leitões.



A análise de custo da Tabela 4 descreve orçamentos de quatro empresas para uma climatização em pressão negativa de uma creche em dois galpões de sete salas com capacidade de 720 a 800 leitões cada. O custo médio total por sala foi em torno de R\$72.692,70, refletindo em R\$100,96 por leitões de creche que equivale a R\$13,83 por giro em um ano, ou seja, R\$2,76 de custo por leitão em cinco anos de produção. Sendo o valor médio por kg de peso vivo de leitão descrechado de R\$7,11/kg (R\$3,79/kg de cevado x 1.875), o peso final para o pagamento do investimento em cinco anos seria de 0.389Kg de leitão na saída da creche, que representa 0.008kg de gpd em 46 dias de alojamento na fase.

Com isso, analisa-se o risco do investimento e o diferencial de desempenho necessário para o retorno ao capital investido, que no exemplo não foi considerado nenhum custo de capital (financiamento). Esta seria uma forma de relacionar custo com desempenho zootécnico que, em função dos custos de implementação, modelo de produção e mercado pode haver variações no planejamento estratégico de cada empresa.

Considerações finais

Os diferenciais zootécnicos de sistemas com controle de ambiente são bem documentados pela a ciência, tanto em perspectivas fisiológicas quanto econômicas. A tomada de decisão requer que as empresas relacionem os benefícios zootécnicos em função dos estudos climatológicos da região, fase de produção e configuração de mercado.

Referências bibliográficas

AGROCERES PIC. (15 de abril de 2015). Guia de Crescimento. Rio Claro, São Paulo, Brasil. Acesso em 2017, disponível em <http://www.agrocerespig.com.br/index.php/informativos/outras-publicacoes>.

AWBI HB. Ventilation of buildings. 2nd ed. New York: Taylor & Francis; 2003.

BOTTCHER, RW et al. Swine facility ventilation: Theory and Application. In: Proceedings of North Carolina Healthy Hogs Seminar, 2001, Raleigh.

DONHAM, Kelley et al. Safety in swine production systems. Factsheets. Pork Information Gateway, 2006.

JACOBSON, L.D. Energy and ventilation management issues in U.S. pig buildings. In: London swine conference – Exploring the future, 2011, Ontario. *Proceedings...* p.117-123.

LALLY, Joseph; EDWARDS, William M. Performance differences between natural-ventilated and tunnel-ventilated finishing facilities. 2000.

RENAUDEAU, David; GILBERT, Hélène; NOBLET, Jean. Effect of climatic environment on feed efficiency in swine. In: Feed efficiency in swine. Wageningen Academic Publishers, 2012. p. 183-210.



INDICADORES DE BEM-ESTAR ANIMAL

Cleandro Pazinato Dias

Akei Animal Research

Palavras-chave: medidas baseadas no ambiente, medidas baseadas no animal, protocolo Welfare Quality®.

Os indicadores de bem-estar animal são importantes para indicar os problemas de bem-estar, propor medidas corretivas e avaliar a efetividade das estratégias aplicadas na melhoria do *status* da qualidade de vida dos animais. Os indicadores podem ser classificados em duas categorias, os indicadores baseados no ambiente (*design*) e os baseados no animal (resultados).

Os indicadores baseados no ambiente incluem o tamanho e *design* das baias e dos pisos, qualidade do ar, quantidade e qualidade do alimento e as condições climáticas onde os animais estão alojados. Os indicadores baseados no animal incluem aparência, condição corporal, comportamento e sinais de doenças. Também são incluídos nesta categoria os indicadores baseados nos registros, tais como a prevalência e incidência de enfermidades (MANTECA, 2017).

Embora cada tipo de indicador tenha vantagens e desvantagens, as avaliações baseadas em resultados provêm informações diretas sobre o bem-estar dos animais. Por outro lado, o valor das medidas baseadas no ambiente é limitado pelo efeito de um determinado fator ambiental no bem-estar dos animais e dependente das características específicas de cada animal e da interação com outros fatores ambientais. Por esta razão, as avaliações do *status* do bem-estar deveriam ser baseadas, sempre que possível, nos indicadores baseados no animal. Segundo Bracke et al, (2009), este enfoque refere-se ao fato de que o bem-estar animal é determinado pelo animal, e que as medidas baseadas neles podem incluir os efeitos das variações da forma como o sistema de produção é gerenciado, bem como das interações entre o animal e o sistema.

Os indicadores de bem-estar baseados no animal utilizados em condições de campo podem ser divididos em cinco categorias: comportamentais ou etológicos; relacionados a saúde; relacionados com a produção; relacionados com a qualidade de carne e carcaça e relacionados com o processo de insensibilização ao abate. As três primeiras categorias são úteis para avaliar o bem-estar nas granjas, e as duas últimas no transporte e abate (GALINDO; MANTECA, 2012).

As observações baseadas no animal fornecem informações diretas sobre como os animais estão se adaptando ao ambiente em que vivem, dando uma indicação do desempenho do sistema de criação em um determinado momento do ciclo produtivo. Contudo, as observações baseadas no ambiente não devem ser negligenciadas, pois são essenciais para prover recomendações, para prever problemas de bem-estar e para a avaliação de riscos de comprometimento do bem-estar (TEMPLE et al., 2012).



As avaliações do bem-estar baseadas no animal refletem melhor as práticas erradas de manejo, as negligências e os abusos com os animais e a má concepção dos equipamentos. As baseadas no ambiente devem ser evitadas porque podem limitar o desenvolvimento de métodos inovadores. Poucas medidas com este escopo deveriam ser usadas, sendo necessárias apenas àquelas voltadas para manter um nível mínimo aceitável de atendimento das exigências de bem-estar. Aquelas avaliações que tomam como referência os registros não deveriam ser aplicadas pelo risco de falsificação, ou seja, o melhor sistema de avaliação é aquele que faz a observação direta do animal (GRANDIN, 2010).

Os indicadores de bem-estar devem ser válidos (úteis para medir algum aspecto do bem-estar), repetíveis (diferentes observadores avaliando um mesmo animal obtenham um resultado parecido, e um mesmo observador avaliando duas vezes o mesmo animal também obtenha resultados parecidos) e práticos (que não necessitem de muitos equipamentos, nem muito tempo para determinarem um resultado) (TEMPLE et al., 2009). Além disso, devem cobrir todos os aspectos incluídos no conceito de bem-estar animal: ausência de doenças e injúrias, alimentação, conforto físico e térmico, estado emocional ou afetivo.

Os protocolos do projeto *Welfare Quality*[®] consistem em um sistema útil para avaliar o bem-estar dos suínos. Os indicadores permitem acessar doze critérios de bem-estar agrupados em quatro princípios (boa alimentação, bom alojamento, boa saúde e comportamento apropriado). Na espécie suína, o projeto *Welfare Quality*[®] desenvolveu três protocolos distintos de avaliação, dois para serem aplicados nas granjas, sendo um para porcas e leitões, outro para suínos em crescimento, e outro dirigido para suínos de engorda aplicados no abatedouro (WELFARE QUALITY[®], 2009).

Diante da importância dos indicadores científicos baseados no animal, a União Europeia, prevê a inclusão deste tipo de indicador nas legislações de bem-estar em substituição as medidas baseadas no ambiente (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

No entanto, independente do sistema de avaliação de bem-estar animal, um componente crítico é a qualidade dos avaliadores, que devem receber treinamentos para uniformizarem escores, devem possuir um bom entendimento da biologia, da fisiologia, da saúde, do comportamento animal e dos mecanismos que o suíno recorre para se adaptar a determinados ambientes, e serem capazes de reconhecer sintomas de certas lesões e enfermidades (VELARDE; DALMAU, 2012).

As avaliações de bem-estar animal realizadas em condições de campo devem seguir metodologias científicas, por meio da aplicação de protocolos para determinar a qualidade de vida dos animais, e apoiar nos programas de melhoria das condições onde os suínos são criados, transportados e abatidos (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014). O uso dos indicadores de bem-estar com parâmetros adequados para as situações em que os suínos são manejados constituem-se em ferramentas eficientes de monitoria do bem-estar animal.



Referências

- BRACKE, M.; VISSER-RIEDSTRA, K.; SCHEPERS, F.; URSINUS, N.; BLOKHUIS, H; GERRITZEN M.; GAST, E. Part 1 - scientific and technological state-of-the-art. In: BOKMA-BAKKER, M.; MUNNICH, G. Ed. *Animal-based welfare monitoring final report*. The Netherlands: Rathenau Institute, 2009. p. 1-38.
- DIAS, C. P.; SILVA, C. A.; MANTECA, X. Bem-estar dos suínos. Londrina: Ed. Midiograf, 2014.
- EUROPEAN COMMISSION. *Communication from the commission to the European parliament. The council and the European economic and social committee on the European Union Strategy for the Protection and Welfare of Animals 2012-2015*. Brussels, 2012. COM(2012) 6 final/2.
- GRANDIN, T. Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science*, Barking, v. 86, p. 56-65, 2010.
- GALINDO, F.; MANTECA, X. Evaluacion científica del bienestar animal. In: ROJAS, D. M.; HUERTAS, S. M.; GUERRERO, I.; TRUJILLO, M. E. *Bienestar animal: productividad y calidad de la carne*. 2. ed. Mexico: Elsevier, 2012. p. 13-24.
- MANTECA, X. Use of outcome based measures and design based measures. In: Proceedings...4th OIE Global Conference on Animal Welfare. Guadalajara, Mexico, 6-8, December, 2017.
- TEMPLE, D.; COURBOULAY, V.; VELARDE, A.; MANTECA, X.; DALMAU, A. The welfare of growing pigs in five different production systems: assessment of feeding and housing. *Animal*, Cambridge, v. 6, n. 4, p. 657-667, 2012.
- TEMPLE, D.; VELARDE, A.; MANTECA, X.; DALMAU, A. Evaluacion de bienestar mediante el protocolo Welfare Quality® en el cerdo iberico en extensivo: resultados preliminares. *Solo Cerdo Iberico*, n. 25, p. 384-393, oct. 2009.
- VELARDE, A.; DALMAU, A. Animal welfare assessment at slaughter in Europe: Moving from inputs to outputs. *Meat Science*, Barking, v. 92, p. 244-251, 2012.
- WELFARE QUALITY. *Welfare Quality® assessment protocol for pigs: sows and piglets, growing and finishing pigs*. Lelystad, Netherlands: Welfare Quality® Consortium, 2009.



PALESTRAS MAGISTRAIS



AVALIAÇÃO DE BIOSSEGURIDADE E COMO QUANTIFICÁ-LA

Gustavo Souza e Silva, Daniel Linhares e Luís Gustavo Corbellini

Introdução

Na prática veterinária moderna, a prevenção de doenças em nível populacional tornou-se cada vez mais importante, em complementação da medicina individual (1). Essa mudança de foco envolve a adoção de estratégias em nível de rebanho e dentre elas a adoção de práticas de biosseguridade. Programas efetivos de biosseguridade são essenciais para prevenir a introdução de patógenos exóticos e endêmicos em sistemas de produção animal.

Existe uma discussão sobre a diferença entre os termos biossegurança e biosseguridade, qual seria a origem dos termos e a aplicação correta de cada um (2). O termo biossegurança é uma tradução do termo em inglês *biosafety* e biosseguridade do termo *biosecurity*. Ambos os termos estão relacionados à adoção de práticas contra patógenos e suas diferenciações e aplicações específicas não é o objetivo deste resumo. Desde a instrução normativa nº21 de 2014, que estabelece as normas técnicas de certificação sanitária da compartimentação da cadeia produtiva avícola em granjas de reprodução, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) vem utilizando o termo biosseguridade desde e será o termo utilizado aqui.

Desta forma, biosseguridade é o termo usado para definir a realização de qualquer prática que tem por objetivo reduzir o risco de introdução e disseminação de agentes infecciosos em uma população animal (3), evitando a transmissão de doenças de animais (ou populações) infectados para animais (ou populações) suscetíveis (4). O sucesso na adoção dessas práticas requer a adoção de um conjunto de atitudes e comportamentos por parte das pessoas envolvidas com o objetivo de reduzir o risco em todas as atividades que envolvam o contato direto e indireto de patógenos com os animais (5). A realização dessas práticas ocorre tanto a nível estrutural quanto operacional, onde a parte estrutural está relacionada com a construção de estruturas/barreiras físicas e manutenção das instalações. Já a operacional envolve a gestão e realização das práticas destinadas à prevenção ou redução da pressão de infecção nas propriedades.

Como benefício, se espera a diminuição do volume de antimicrobianos utilizados e melhor produtividade do plantel, resultando em subprodutos mais seguros do ponto de vista de saúde pública, um ambiente de trabalho mais seguro para os produtores e maior rentabilidade na produção (6-9). Os protocolos devem basear-se no risco real na qual o rebanho está suscetível e não no medo do desconhecido ou nas práticas adotadas em outras propriedades. Desta forma, a avaliação das práticas de biosseguridade a serem realizadas e a elaboração de um protocolo torna-se uma tarefa complexa em função de inúmeros patógenos que podem causar doenças nos suínos e que, por sua vez, resultam em impactos econômicos e sociais de diferentes magnitudes.



O objetivo deste resumo é citar alguns pontos críticos para avaliação e gerenciamento de protocolos de biosseguridade e descrever de forma resumida um método criado para avaliar de forma sistemática e racional o risco de introdução do vírus da síndrome reprodutiva respiratória suína (PRRSV) em granjas de suínos.

Pontos críticos para avaliação e gerenciamento de protocolos de biosseguridade

Avaliação da propriedade

As diferenças entre as propriedades irão determinar quais práticas devem ou não ser incluídas nos protocolos. A caracterização da propriedade quanto ao tipo ou finalidade de produção, localização e densidade da região, instalações (número de galpões, estrutura física), idade dos animais alojados (possibilidade de contato entre animais de diferentes idades), fluxo de produção na propriedade (movimentação de animais, funcionários e possíveis vetores de transmissão) e a presença de doenças endêmicas no sítio de produção, ajudarão a projetar melhor o programa (3,4). Outras atividades produtivas na propriedade que envolva animais de produção (ex. ruminantes, aves, etc.), seus subprodutos e resíduos devem ser avaliados quanto à probabilidade de contato ou transmissão de patógenos comuns a ambas as espécies.

Definição do escopo

O escopo do protocolo de biosseguridade geralmente é definido pela finalidade do sítio de produção, que são guiados pelos alvos produtivos, *status* sanitário, controle de patógenos específicos, disponibilidade de investimento financeiro e percepção de risco.

Avaliação e gerenciamento direcionado ao risco

Avaliação de risco refere-se à caracterização do risco associado a cada perigo identificado e inclui a avaliação da probabilidade de ocorrência de uma doença e da gravidade de sua ocorrência. O gerenciamento de risco explora as possíveis estratégias de mitigação que serão consideradas para gerenciar qualquer risco residual identificado durante a etapa de avaliação de risco (10). Perigo é definido como qualquer agente biológico, químico ou físico ou fator com potencial para causar um efeito adverso para a saúde (11).

O conhecimento do processo de produção de suínos e o gerenciamento do risco biológico dos patógenos identificados nos protocolos de biosseguridade são essenciais para qualquer operação suína, independente do seu tamanho ou finalidade de produção (12). Práticas de biosseguridade são adotadas para quebrar a cadeia de transmissão/infecção dos patógenos (13) e avaliar o risco com base na epidemiologia da doença fornece uma abordagem direcionada, em que as doenças podem ser agrupadas em rotas de transmissão semelhantes de acordo com o objetivo do protocolo. O risco de transmissão das doenças não pode ser totalmente eliminado, mas a atenção dada ao gerenciamento de risco biológico pode reduzir os riscos e suas consequências.



Monitoramento da eficácia das práticas

Depois de implantados, os protocolos determinados e a aplicação das práticas devem ser monitoradas quanto sua eficácia e sua realização por parte dos funcionários (*compliance*) (4). Eficácia, neste contexto, pode ser definida como a capacidade de alcançar o efeito esperado ou desejado (controle, erradicação ou prevenção das doenças) pela realização de um protocolo de biossegurança. A eficácia dos protocolos deve ser avaliada comparando os resultados antes e depois da adoção das práticas. A eficácia pode ser quantificada avaliando índices sanitários (ex. incidência da doença, mortalidade, refugagem), melhora da *performance* ou produtividade do rebanho, monitoramento de rebanho (clínico, sorológico e necropsia) e também através das monitorias de abate. Cabe salientar que a gestão da biossegurança envolve, também, a avaliação crítica de falhas do processo em caso um evento sanitário que envolve, dentre outras coisas, o planejamento de uma investigação epidemiológica.

Avaliação dos pontos críticos, quantificação das medidas de biossegurança contra o vírus da PRRS e sua relação com a frequência de surtos nas propriedades

O vírus da síndrome reprodutiva e respiratória suína (PRRSv) é o maior desafio sanitário nos rebanhos dos Estados Unidos (EUA). Embora a incidência da doença tenha diminuído nos últimos anos, a prevalência nos rebanhos continua aumentando ao longo do tempo e a enfermidade ainda causa perdas econômicas significativas para indústria (14,15). A identificação dos fatores associados à introdução do vírus em rebanhos é fundamental para implementar medidas específicas para reduzir o risco de infecção. Essas medidas compõem o programa de biossegurança externa (ou bioexclusão) dos sistemas de produção.

O vírus pode ser transmitido entre granjas através de diferentes formas, entre elas a movimentação de suínos, entrega de suprimentos, entrada de pessoas, contato com outros animais, ar e água. A frequência e os padrões de contato dessas rotas de transmissão são determinantes importantes para o risco de introdução da doença e, portanto, importantes para a investigação epidemiológica em casos de surto da doença (16). Uma vez identificados os eventos associados à introdução de PRRSv, o próximo passo para quantificar o risco geral de biossegurança é atribuir a importância relativa (ou seja, o risco relativo) de cada evento. Uma maneira de fazer isso é utilizar um método de análise de decisão multicritério (MCDA) (17).

Materiais e métodos

O questionário utilizado foi desenvolvido para o programa de investigação de surtos de PRRSV financiado pela *Iowa Pork Producers Association* (IPPA) e foi utilizado no presente método. Para o propósito deste estudo, definimos como "agente carreador" qualquer coisa (animado ou não) que possa transportar o vírus da PRRS para dentro da granja (por exemplo, sêmen, animais, caminhões, pessoas, materiais de manejo). "Eventos de risco" foram definidos como eventos onde um ou mais agentes carreadores podem ser introduzidos em uma granja (por exemplo, entrega de sêmen ou entrada de funcionários). As categorias de eventos de risco e os eventos de risco que ocorrem em granjas suínas estão listados na Tabela 1.



Tabela 1. Categorias (1 a 7) e eventos de risco relacionados as práticas de biosseguridade externa e os pesos obtidos pelo painel de especialistas.

Categorias e eventos de risco para cada fator	Categorias (pesos)	Desvio padrão	Eventos de risco (pesos)	Desvio padrão
Movimentação animal	0.33	0.10		
Entrega de sêmen na propriedade			0.27	0.10
Entrada de animais de reposição na propriedade			0.38	0.18
Retirada de animais de descarte da propriedade			0.09	0.03
Retirada de leitões desmamados da propriedade			0.26	0.23
Retirada/Entrega de suprimentos	0.26	0.12		
Remoção de animais mortos			0.42	0.09
Entrega de ração e ingredientes			0.17	0.06
Entrega de propano e combustível			0.05	0.01
Coleta de lixo			0.04	0.00
Medição da energia na propriedade			0.04	0.01
Entrega de suprimentos na propriedade			0.11	0.01
Materiais e suprimentos oriundos de outras propriedades			0.28	0.06
Movimentação de pessoas	0.15	0.04		
Funcionários da propriedade			0.18	0.07
Reparo, manutenção, serviços elétricos e de encanamento			0.32	0.26
Veterinário, gerentes de fora do sistema de produção, vendedores e outros visitantes			0.50	0.26
Entrada de alimentos para consumo humano	0.03	0.01		
Remoção de dejetos	0.07	0.03		
Armazenamento e manejo do dejetos			0.43	-
Visitantes			0.14	-
Equipamentos			0.43	-
Animais domésticos, animais selvagens e insetos	0.05	0.01		
Animais domésticos			0.34	0.08
Animais selvagens			0.47	0.15
Insetos			0.19	0.12
Ar e água	0.11	0.04		
Entrada de ar			0.81	0.07
Entrada de água			0.19	0.07

MCDA foi o método escolhido para estruturar o modelo e geralmente é utilizado para avaliar o papel de múltiplos fatores em um resultado específico de interesse (17). Neste estudo, aplicamos o método MCDA para atribuir à importância relativa das categorias de eventos de risco, dos eventos de risco propriamente ditos e agentes carreadores para a introdução de PRRSV em uma unidade produtora de leitões.



O procedimento de atribuição de pesos seguiu o método descrito como processo de análise hierárquica (AHP), onde é realizada uma série de comparações entre os fatores (categorias, eventos de risco e agentes carreadores) do modelo (18). O primeiro nível é composto pelas categorias dos eventos de risco, o segundo nível é formado pelos eventos de risco de cada categoria e o terceiro nível pelos agentes carreadores de cada evento de risco. Essas comparações em pares foram então analisadas para produzir um conjunto de pesos que somam 1. Para avaliar a aplicação do método (práticas de biosseguridade *versus* o vírus da PRRS) e estabelecer os pesos de cada evento, utilizamos um painel de *experts* no departamento de diagnóstico veterinário e produção animal (VDPAM - ISU). Foram consideradas válidas apenas as respostas que passaram pela análise de consistência de acordo com o método.

A metodologia utilizada neste estudo combina as categorias de risco e os fatores de risco para introdução de PRRS descritos na literatura. O escore para cada categoria (1º nível) foi obtido somando a ocorrência dos eventos de riscos (2º nível) e as práticas de biosseguridade adotadas nos agentes carreadores (3º nível), posteriormente os 3 níveis são ponderados (pesos) pela sua importância relativa (painel de especialistas). Para o 2º nível (eventos de risco), um multiplicador foi usado para incorporar a frequência de cada evento. O escore final (combinação dos 3 níveis) tem valor total 1, onde quanto menor o escore (próximo a 0) melhor, e quanto mais próximo de 1 mais vulnerável a granja estaria para a introdução do vírus da PRRS.

A aplicação do sistema de escore foi realizada utilizando dados de 41 propriedades. Posteriormente, para avaliar a relação do escore com a frequência de surtos nas propriedades, o teste da Anova foi realizado para avaliar a diferença entre os grupos (frequência de surtos - 0 a 4). A hipótese testada é que os níveis de biosseguridade serão inferiores nas propriedades que apresentaram maior número de surto de PRRS.

Resultados e implicação

Os pesos obtidos pelos *experts* para as categorias de risco (1º nível) e para os eventos de risco propriamente ditos (2º nível) estão descritos de forma detalhada na Tabela 1. As categorias de risco julgadas com maior risco de introdução de PRRSV foram os eventos relacionados à movimentação animal, retirada/entrega de suprimentos e a movimentação de pessoas. Para os eventos de risco das categorias citadas anteriormente, a entrada de animais de reposição na propriedade, a remoção de animais mortos e a entrada de visitantes (veterinário, gerentes de fora do sistema de produção, vendedores e outros visitantes), foram elencadas as mais importantes pelos especialistas. Na Tabela 2, os resultados parciais dos escores obtidos estão descritos por grupos (frequência de surtos de PRRSV), onde a melhor propriedade obteve um escore de 0.15 e a pior 0.61. Além do escore total (Tabela 2) o método permite avaliar quais as categorias e eventos que apresentam maior vulnerabilidade para análise individual das propriedades (artigo em preparação). A diferença do escore entre os grupos sugere que as fazendas com maior escore de risco apresentaram maior frequência de surtos (Figura 1).



Tabela 2. Distribuição do escore total obtido pelo modelo em cada categoria de surto de PRRS.

Número de surtos de PRRSV nos últimos três anos	Nº de propriedades	Média	Desvio padrão	Mín.	Máx.
Todas propriedades	41	0.42	0.08	0.15	0.61
0	4	0.29 ^a	0.09	0.15	0.36
1	3	0.39 ^b	0.05	0.34	0.45
2	17	0.43 ^b	0.08	0.31	0.60
3	9	0.44 ^b	0.04	0.36	0.51
4	8	0.47 ^b	0.08	0.32	0.61

^{a,b} Comparação entre grupos - teste de Tukey.

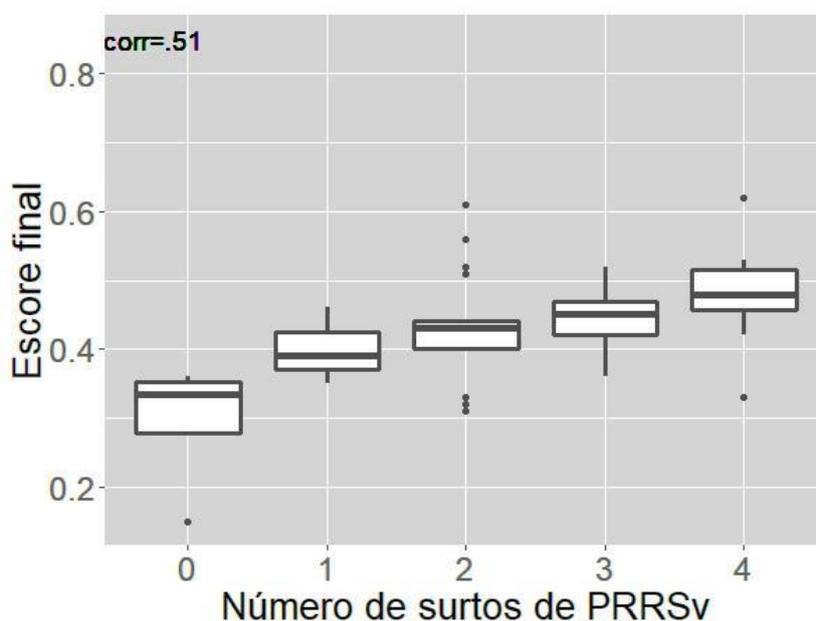


Figura 1. Escore final de biossegurança externa e relação com o número de surtos de PRRSV nos últimos anos.

Conclusão

O método descrito brevemente é um exemplo prático de como avaliar e quantificar os protocolos de biossegurança de forma sistemática para comparar os riscos relativos e as vulnerabilidades relativas à introdução de PRRS em granjas produtoras de suínos. Com a aplicação dessa ferramenta, podem-se avaliar oportunidades de melhora nos protocolos de biossegurança e realizar o monitoramento da eficácia das práticas.

O modelo descrito pode ser adaptado para avaliar outros patógenos e ser utilizado como um processo contínuo de identificação, avaliação e priorização dos pontos críticos para entrada, transmissão e manutenção dos patógenos de interesse nas propriedades.



O protocolo de biosseguridade é a ferramenta pela qual se gerencia potenciais eventos relacionados à sanidade do rebanho e a saúde pública, reduzindo o risco ou efeito adverso a um nível aceitável. O ponto de início para a adoção de práticas e mudança de comportamento para estruturação de um protocolo de biosseguridade eficaz reside na percepção das pessoas sobre o nível de risco, consequências da ocorrência, conhecimento dos mecanismos de manutenção e transmissão dos agentes infecciosos e dos recursos disponíveis na propriedade.

Com o aumento exponencial e vertical dos sítios de produção de suínos, a realização de tais práticas e revisão constante dos processos envolvidos na gestão da biosseguridade é fundamental para as propriedades que visam produção consistente, lucratividade, alta qualidade e segurança alimentar.

Referências

1. Noordhuizen JPTM, Frankena K. Epidemiology and quality assurance: Applications at farm level. *Prev Vet Med* (1999) 39:93-110. doi:10.1016/S0167-5877(98)00151-2.
2. Pechter D. Biosafety and Biosecurity. *JALA - J Assoc Lab Autom* (2009) 14:1–17. doi:10.1016/j.jala.2009.03.002.
3. Amass SF, Clark LK. Biosecurity considerations for pork production units. *Swine Heal Prod* (1999) 7:217-228.
4. Amass SF. Biosecurity Practical Applications. (2006)8. Available at: <http://porkgateway.org/resource/biosecurity-practical-applications/>.
5. FAO/OIE/WB. *Good practices for biosecurity in the pig sector - Issues and options in developing and transition countries*. (2010). Available at: <http://www.fao.org/docrep/012/i1435e/i1435e00.pdf>.
6. Laanen M, Persoons D, Ribbens S, de Jong E, Callens B, Strubbe M, Maes D, Dewulf J. Relationship between biosecurity and production/antimicrobial treatment characteristics in pig herds. *Vet J* (2013) 198:508–512. doi:10.1016/j.tvjl.2013.08.029.
7. Postma M, Backhans A, Collineau L, Loesken S, Sjolund M, Belloc C, Emanuelson U, Grosse Beilage E, Stark KDC, Dewulf J. The biosecurity status and its associations with production and management characteristics in farrow-to-finish pig herds. *Animal* (2015)1-12. doi:10.1017/S1751731115002487.
8. Rojo-Gimeno C, Postma M, Dewulf J, Hogeveen H, Lauwers L, Wauters E. Farm-economic analysis of reducing antimicrobial use whilst adopting improved management strategies on farrow-to-finish pig farms. *Prev Vet Med* (2016) 129:74–87. doi:10.1016/j.prevetmed.2016.05.001.
9. Postma M, Vanderhaeghen W, Sarrazin S, Maes D, Dewulf J. Reducing Antimicrobial Usage in Pig Production without Jeopardizing Production Parameters. *Zoonoses Public Health* (2017) 64:63–74. doi:10.1111/zph.12283.
10. Secure Pork Supply. Information Manual For Enhanced Biosecurity: Animals Raised Indoors. (2017).
11. Grimes T, Jackson C, Grimes T. CODE OF PRACTICE FOR BIOSECURITY IN THE EGG INDUSTRY. (2001).
12. Ramirez A, Zaabel Z. Swine Biological Risk Management. (2012)1–61. Available at: <papers2://publication/uuid/448CF6C9-51D6-4B51-81F1-CA3E4AE0B204>.



13. Vaillancourt JP, Stringham M. Poultry disease risk management: practical biosecurity resources. Tucker, Georgia, USA. (2003). Available at: www.poultryegg.org.
14. SHMP. Swine Health Monitoring Project - 1/17/2017. (2017).
15. Holtkamp DJ, Kliebenstein JB, Neumann EJ, Zimmerman JJ, Rotto HF, Yoder TK, Wang C, Yeske PE, Mowrer CL, Haley C a. Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on United States pork producers. *J Swine Heal Prod* (2013) 21:72–84. Available at: <http://www.aasv.org/shap/issues/v21n2/v21n2p72.html>.
16. Sternberg Lewerin S, Österberg J, Alenius S, Elvander M, Fellström C, Tråvén M, Wallgren P, Waller KP, Jacobson M. Risk assessment as a tool for improving external biosecurity at farm level. *BMC Vet Res* (2015) 11:171. doi:10.1186/s12917-015-0477-7.
17. Marsh K, Dolan P, Kempster J, Lugon M. Prioritizing investments in public health: A multi-criteria decision analysis. *J Public Heal (United Kingdom)* (2013) 35:460–466. doi:10.1093/pubmed/fds099.
18. Saaty TL. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *Eur J Oper Res* (1990) 48:9–26. doi:10.1016/0377-2217(90)90057-l.



GESTÃO DA PRODUÇÃO SUÍNA BASEADA EM MODELAGEM MATEMÁTICA

Héctor R. Martínez-Ramírez¹, A. Soares², A. Haggmann², A. Lora-Graña³, A. Moita³, L. Da Silva², V. Pietrobelli², F. Xavier², D. Barros², J. Perin⁴, E. Araujo⁵, J. Moraes², N. Honma², A. Pinheiro² e G. Machado³

¹Ph.D.*; ²M.V.; ³D.Sc.; ⁴M.Vt.; ⁵Zoot.

Time NutriOpt Brasil, Trouw Nutrition - Brasil

Resumo

Modelos matemáticos integrados, dinâmicos, mecanístico e estocásticos, como o NutriOpt®, estão comercialmente disponíveis e são usados para melhorar o desempenho produtivo e a rentabilidade de suínos em crescimento, melhorando significativamente a gestão da produção e o processo da tomada de decisões. Um dos principais propósitos de uma abordagem de gerenciamento integrado é reunir as interações complexas entre o animal, a fase produtiva, seu ambiente e sua dieta, em um sistema que irá prever com precisão o desempenho do animal em condições comerciais. A aplicação desta tecnologia irá prever:

- As respostas de causa-efeito às mudanças no ambiente ou sistema de produção.
- As subseqüentes implicações financeiras dessas mudanças.
- A estratégia nutricional e/ou financeira ótima da decisão tomada.

É importante entender que estas soluções otimizadas são específicas para cada granja/cliente e que provavelmente esta solução não se adaptaria a outra realidade devido às diferenças inerentes as características de produção em cada cliente (por exemplo, estado de saúde e bem-estar animal, genética, densidade populacional, alojamento, matéria prima, custos alimentar, etc.). O uso judicioso desses modelos dentro de um gerenciamento integrado pode e ajuda ao produtor a tomar melhores decisões dentro de um ambiente de produção em constante mudança, além de atribuir consequências financeiras ao processo de tomada de decisão.

Introdução

Na suinocultura moderna, muito diversificada e especializada, vários são os fatores nutricionais e ambientais que envolvem este processo produtivo (ex. consumo alimentar, genética, ambiência, doenças, sistemas de pagamento, etc.). Entendendo este processo multifatorial, a determinação de uma estratégia ótima de alimentação e gerenciamento de uma ou várias unidades produtoras suínas se torna um trabalho muito complexo (Whittemore 1983, Moughan et al., 1995, Theodorou e France, 2000). Além disso, a estratégia ideal inicial pode mudar ao longo do tempo à medida que as condições ambientais, nutricionais ou econômicas mudem (de Lange e Schreurs, 1995).



Um modelo de suínos em crescimento deve integrar o conhecimento da utilização e aproveitamento de nutrientes para o crescimento e as interações animal-ambiente em um sistema (Moughan et al., 1995). Modelos deste tipo podem ser usados efetivamente para identificar a estratégia ideal para unidades específicas de suínos em crescimento, simulando estratégias alternativas de gerenciamento e alimentação e comparando os resultados previstos (de Lange e Schreurs, 1995).

A aplicação de modelos computadorizados de crescimento de suínos como ferramenta de tomada de decisões na produção comercial de suínos é discutida neste artigo. São abordados aspectos relevantes do desenvolvimento de modelos de crescimento do suíno e como os modelos podem ser aplicados à produção comercial da carne suína. As limitações inerentes aos modelos de crescimento também são descritas. Identificar esses limites pode fornecer uma direção importante para um maior desenvolvimento e aplicação de modelos de crescimento de suínos.

Modelos suínos

Os modelos matemáticos podem variar significativamente entre eles dependendo principalmente da estrutura, objetivos, e tipo de modelo. Em geral, os modelos podem se categorizar entre estáticos ou dinâmicos, empíricos ou mecanísticos, determinístico ou estocástico, tempo real ou prospectivo, etc. Uma ampla revisão definindo conceitos básicos e os tipos de modelos atualmente utilizados na indústria suína foram anteriormente descritos por Pomar (2014).

Para nosso entendimento e para a aplicação de modelos na indústria suína, como ferramenta de toma de decisões, os modelos devem de cumprir os seguintes requisitos:

- Os modelos devem ser razoavelmente precisos nos cálculos e previsões dos aspectos econômicos da produção suína.
- A amplitude das condições em que o modelo é razoavelmente preciso deve ser consistente com a aplicação pretendida, ou seja, um bom modelo deve ser um bom preditor das condições encontradas no campo e refletir as condições reais.
- É necessária a preparação de um bom protocolo de implantação do modelo para cada uma das unidades produtoras suínas, isto é, utilizar judiciosamente o histórico produtivo das unidades suínas com os *inputs* e parâmetros do modelo.
- O uso correto do modelo para avaliação sistemática das estratégias alternativas de manejo e programas alimentares deve ser claramente estabelecido.
- O modelo deve ser de uso amigável: deve ser relativamente fácil e razoavelmente simples para utilizar os dados históricos de granja. Um usuário típico e competente de informática (laptop) não deve ter dificuldade em executar a interface do modelo. Finalmente a interpretação dos resultados do modelo deve ser lógico e claro.

Em geral, um modelo suíno ideal para aplicar em condições comerciais, deve de ser flexível, preciso, fácil de entender e de usar. É difícil muitas vezes satisfazer todos os critérios anteriormente descritos e que possam atender as condições comerciais. Por exemplo, certas limitações podem ser encontradas no campo quando



a predição e precisão de um modelo requerem de muitos *inputs* que os produtores não possuem.

Além das condições anteriormente descritas, é imprescindível e necessário que os modelos suínos possuam bases biológicas que interajam com os efeitos intrínsecos do animal, genética e ambiência e que estes contribuam a uma resposta específica (crescimento, utilização de nutrientes, etc.) do grupo de suínos em crescimento. Estas interações devem ser descritas em um modelo necessariamente dinâmico e estocástico, ou seja, que as diferentes respostas produtivas possam ser calculadas de maneira diária e populacional, respectivamente.

Qualquer modelo tem um domínio específico no qual pode trabalhar de uma maneira aplicada e razoável e pode também prever resultados significativamente precisos. Assim, é importante desenvolver de uma maneira aplicada, crítica e compreensiva as vantagens e limitações do modelo a usar. A compreensão do modelo determinará o grau de confiança que o usuário terá nos resultados gerados pelo modelo. Entendendo as limitações do modelo, permitirá ao usuário identificar as situações em que as previsões do modelo podem ser questionadas ou a quantidade de "margem de segurança" seja apropriada para definir as recomendações dos programas alimentares e/ou de manejo sugerido pelo modelo. À medida que mais informações científicas estiverem disponíveis, os modelos de crescimento continuarão sendo desenvolvidos com uma melhor acurácia na predição das respostas produtivas suínas em uma ampla gama de condições comerciais.

Parâmetros para aplicação dos modelos em condições comerciais

As bases matemáticas e fundamentos biológicos para implementar modelos comerciais para suínos foram anteriormente descritos por Birkett e de Lange (2001 a,b,c), de Lange et al. (2003), Lovatto e Sauvant (2003), Ferguson (2006), van Milgen et al. (2008), Morel et al. (2010), NRC (2012). O leitor poderá consultar estes artigos para um maior aprofundamento dos conceitos em modelagem. Neste artigo, não serão abordados estes conceitos.

Consumo voluntário de alimento e energia

Para a maioria de modelos, o consumo voluntário de alimento em diferentes intervalos de pesos vivos representa um desafio para sua precisa predição em diferentes grupos de suínos criados em diferentes condições (Forbes et al., 1989; Chappel et al. 1993). O consumo voluntário de alimento ou nutrientes é afetado por várias interações associadas com os animais (peso vivo, sexo, genótipo, estado sanitário, etc.), alimento (forma de alimento, qualidade e composição de nutrientes) e ambiência (temperatura real efetiva, qualidade e disponibilidade de água, espaço e tipo de comedouro, desenho e densidade da baia, etc.). Por esta razão e para a maioria de modelos, o consumo voluntário de alimento é normalmente considerado um *input* e não um *output* do modelo (Moughan 1989a; Birkett e de Lange, 2001a,b; NRC, 2012). Estes modelos precisam de curvas de consumo voluntário de alimento sejam estabelecidas para cada unidade de produção onde o modelo é aplicado (Figura 1).

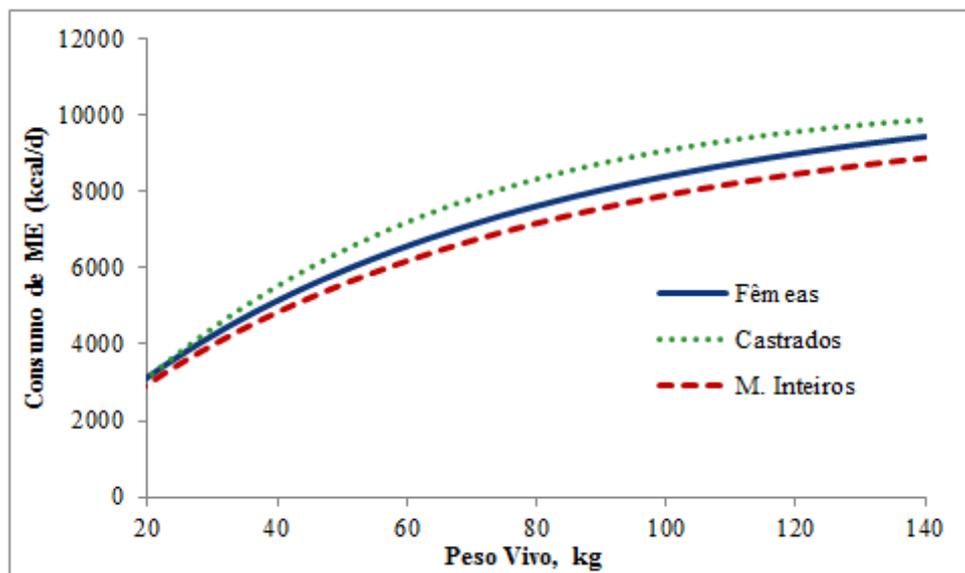


Figura 1. Consumo diário de Energia Metabolizável (EM) em fêmeas, castrados e machos inteiros entre 20 a 140 kg de peso vivo (NRC, 2012).

Outros modelos assumem que a base para poder prever o consumo voluntário de alimento está em que o animal consumirá alimento para poder atender seu potencial de crescimento, incluindo as limitações da capacidade intestinal, saúde, interações sociais, temperatura, etc. Estes conceitos foram descritos anteriormente por Emmans (1981), para uma maior explicação dos princípios destes conceitos, o leitor deverá se referir a Kyriazakis and Emmans (1999).

A maioria de modelos atuais de crescimento baseiam-se no consumo e a utilização de energia e aminoácidos (AA) (Whittemore 1983; Black et al., 1986; Moughan et al., 1987; Stranks et al., 1988; Moughan 1989b; TMV 1994; Pomar et al., 1991; Heartland / Euro Lysine 1991; Birkett e de Lange, 2001a,b,c; NRC, 2012). Isso é um reflexo do fato de que a eficiência da produção de carne suína está intimamente relacionada com a partição e utilização de energia e AAs para as diferentes funções fisiológicas. Além disso, o alimento é o custo mais importante na produção comercial da carne suína, e a energia e os AAs contribuem com mais de 80% do custo de nutrientes nas dietas comerciais suínas. Embora alguns modelos incluam uma representação da utilização de outros nutrientes pelo suíno, por exemplo, o fósforo (TMV 1994; NRC, 2012), na maioria dos modelos atuais de crescimento suínos, presume-se que o desempenho do suíno é potencialmente limitado pela ingestão de energia ou AAs para atender a desejada composição corporal (massa proteica e lipídica corporal) através da composição de crescimento atual (ex. deposição proteica e lipídica corporal).

Potencial genético

Na suinocultura moderna, é importante maximizar o potencial genético (ou potencial animal) para o ganho diário de tecido magro, aumentando a deposição proteica corporal (dP, que é a diferença entre a degradação e síntese proteica) com mínima perda dos AAs ingeridos (Martínez-Ramírez et al., 2008a,b). Assim, é importante



maximizar a eficiência alimentar com o qual a energia, os AA e o N são usados para dP, ou ganho de tecido magro (Martinez-Ramirez e de Lange, 2007).

Baseado nas estimativas feitas pelo NRC (2012) (Tabela 1) um incremento de 10% na dP principal representa um aumento na eficiência e no ganho de tecido magro na carcaça ao redor de 5.5 e 3% respectivamente. Essas estimativas foram baseadas nos princípios de que o consumo de energia e AA não limitam a dP e, portanto, a performance do animal. Esses dados mostram a necessidade de melhorar o genótipo suíno para dP e a otimização das condições ambientais e os programas alimentares para permitir a plena capacidade de expressão genética.

Tabela 1. Efeito estimado do incremento de 10% de deposição proteica corporal (dP) na performance de crescimento e características de carcaça em suínos de crescimento e terminação entre 25 e 125kg PV (dados previstos pelo NRC, 2012).

Item	Média dP (g/d)	
	135	148.5
Energia metabolizável (kJ/d)	30.3	30.3
Consumo (kg/d)	2.31	2.31
Ganho de peso (g/d)	859	907
Deposição corporal (g/d)	261	251
Conversão alimentar	2.69	2.54
Espessura de toucinho (mm)	18.3	16.1
Carne magra na carcaça (%)	49.0	50.6

A dP tem lugar no crescimento do tecido magro, e pode ser a mais objetiva forma de mensurar a taxa desse crescimento, além de poder ser determinada com repetibilidade. Em adição, dP é a principal forma de determinar os requerimentos de energia e AAs (Schinckel e de Lange, 1996; de Lange et al., 2003). O genótipo e o gênero nos suínos determinam os limites máximos para dP (dPmax). O dPmax é principalmente determinado pelo genótipo, sexo e peso vivo do animal (Schinckel e de Lange, 1996; Martínez-Ramírez et al. 2008a,b). Entretanto, nutrição (nutrientes disponíveis), saúde, interação entre animais ou ambiente podem limitar a expressão da dPmax. Entendendo a grande variação da composição genética dos suínos e a grande sensibilidade dos modelos comerciais para este parâmetro, uma estimativa precisa do dPmax é muito importante para a aplicação exitosa dos modelos na prática. Nas condições brasileiras, a média de dPmax para machos castrados e fêmeas entre 20 e 120 kg de peso vivo é de aproximadamente 140 g/d (com uma diferença maior para as fêmeas que castrados de 5-8%), enquanto machos inteiros podem alcançar mais de 185 g/d, entretanto, dP pode variar entre diferentes grupos de suínos (Martínez-Ramírez et al., 2014).

Moughan e Verstegen (1988) tem sido sugerido que a taxa de dPmax é relativamente constante e independente do peso vivo até aproximadamente os 80kg de peso vivo, e a partir daí vai declinando gradualmente até zero quando o animal atinge a maturidade (Figura 2). Estes conceitos foram demonstrados em experimentos cuidadosamente conduzidos (Moughan et al., 1995; Weis et al., 2004; Martínez-Ramírez et al., 2008a,b) e ainda observado em animais de baixo peso vivo (Kyriazakis et al., 1991; Möhn e de Lange, 1998). Pode-se concluir que para suínos em cresci-



mento e terminação alimentados com nutrientes não limitativos, sugere-se que o consumo de energia aparece como limitante da expressão da dPmax.

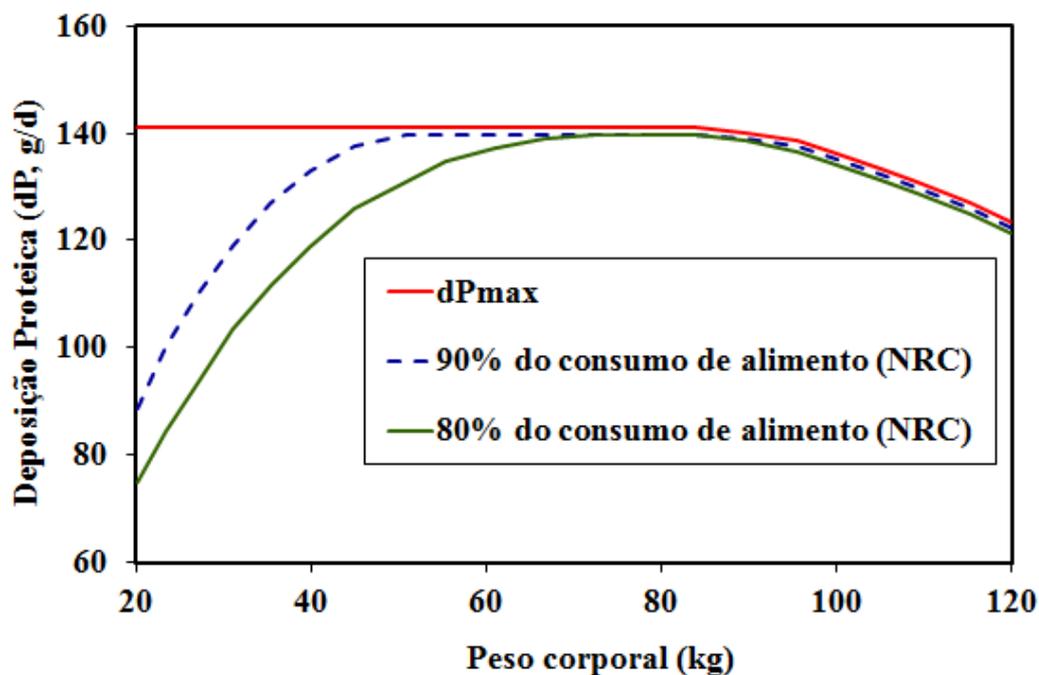


Figura 2. Estimativa da deposição proteica corporal (dP) e a máxima taxa da dP (dPmax) corporal em suínos de crescimento e terminação alimentados com dois diferentes níveis de consumo (80 e 90% do consumo voluntário de acordo com o NRC, 2012).

Interações sociais

Tindsley e Lean (1984) demonstraram claramente que cada suíno dentro uma baia interagem maneira diferente entre eles, criando uma estrutura social bem definida, podendo afetar as respostas produtivas individuais e grupais. Estas interações sócias podem representar 9% das variações para as respostas produtivas em suínos em crescimento (Giroux et al., 2000). Tindsley e Lean (1984) também notaram que os indivíduos mais dominantes foram os mais pesados da baia e que esta condição era provavelmente a responsável para as variações entre grupos de animais. Em um estudo conduzido pelos Anil et al. (2007) determinou que o desvio padrão do peso vivo (7,6-14,9 vs. 11,7-16,6 kg) foi afetado significativamente entre grupos de animais com diferente densidade populacional (0,74 vs. 0,64 m²/animal). Isto indicaria provavelmente que os animais mais dominantes da baia são expostos a fatores de estresse social (ex. alta densidade de animais, espaço inadequado de comedouro, etc.) a tendência é serem afetados minimamente comparados com os subordinados (Botermans, 1999). Em consequência, é esperado que os animais mais leves da baia tenham um crescimento mais lento quando estes estresses sociais sejam mais pronunciados (Turner et al., 2002). Para poder minimizar estes problemas potenciais, é sempre recomendável incrementar o espaço do comedouro com o objetivo de melhorar as respostas produtivas dos animais mais leves comparados com os mais pesados entendendo que estes vão crescer proporcionalmente mais rápido (ex. DeDecker et al. 2005).



Saúde animal

Doenças crônicas subclínicas acontecem normalmente na cadeia de produção de carne suína e comprometem grandemente a utilização de nutrientes para as diferentes funções fisiológicas que podem reduzir substancialmente o crescimento animal. O processo inflamatório associado com a ativação do sistema imune, evita que os suínos expressem seu máximo potencial de crescimento e podendo reduzir as taxas de crescimento e eficiência alimentar em até 25% (Williams et al., 1997). Esta bem estabelecido que os animais que estão expostos a antígenos ambientais mostram menor consumo alimentar em relação aos animais saudáveis, mesmo que não expressem doenças clínicas (Le Floch et al., 2004). A inflamação sistemática é mediada por citocinas pro-inflamatórias que são as responsáveis pela redução do consumo alimentar e depósito muscular e também pelo aumento da taxa metabólica hepática das proteínas da fase aguda (PFA) da inflamação. Em conjunto, todo este processo contribui para mudanças qualitativas e quantitativas na partição de nutrientes para o depósito de tecido magro e manutenção.

Os nutrientes normalmente utilizados para o crescimento animal são redirecionados para apoiar a resposta imunitária (Colditz, 2004). Os AAs, originados da dieta ou catabolismo muscular, são particularmente importantes para sustentar a resposta do hospedeiro para a inflamação. Estes AAs são utilizados pelas células imunes para incrementar a proliferação deste tipo de células, mas também pelo fígado para a gluconeogênese, sínteses de PFA e produção do complexo glutathion peroxidase (Rakhshandeh et al., 2013). Como este processo exige um incremento nas necessidades de nutrientes para a proteção de hepática (ex. PFA) principalmente, o sistema imunológico é, por tanto, altamente dependente da disponibilidade de substratos, como os AAs, para a síntese dessas proteínas e peptídeos (Li et al., 2007). O equilíbrio entre as necessidades dos AAs para as vias metabólicas para ativação do sistema imune é completamente diferente ao perfil de AAs liberado pelo catabolismo das proteínas musculares (Reeds e Janoor, 2001). Isso indica que durante a ativação do sistema imune, os AAs que são normalmente limitantes para o crescimento (ex. lisina), estariam em excesso relativo a outros AAs que podem se tornar limitantes para o montagem da resposta imune (ex. cistina, glutamina, triptófano; Reeds e Janoor, 2001). Como consequência, as mudanças no metabolismo induzidas pela ativação do sistema imune alterarão significativamente os requerimentos dos AAs para o crescimento e manutenção principalmente. Ao combinar mais adequadamente os requerimentos nutricionais (ex. AAs) durante a ativação do sistema imune, o impacto negativo da ativação do sistema imune sobre o desempenho animal pode ser reduzido, melhorando assim o bem-estar animal e a eficiência da produção.

O efeito da variação genética na imunidade animal foi revisado por Clapperton et al. (2009). Estes autores observaram uma variação genética substancial nas características da imunidade em suínos em crescimento, indicando que esta variação pode supor a efeitos individuais de uma população para combater os efeitos da ativação do sistema imune (Clapperton et al., 2009). Em termos de modelagem e para acomodar esta variação fenotípica na saúde animal, presume-se que a variação na saúde não será constante, mas que em uma população de suínos muito saudáveis (ex. score médio da população = Ótimo) haverá menos variação que uma população com maiores desafios sanitários ou baixa saúde. Em uma população com um estado sanitário médio, é provável que haja mais variação individual, com alguns indivíduos com forte imunocompetência com maior saúde. O coeficiente de variação



em um grupo de suínos com saúde “média” é de aproximadamente de 0,017, que é semelhante ao relatado por Flori et al. (2011) onde observaram uma gama de valores de variação fenotípica (CV) em características imunológicas entre 0,01 e 0,039. Dentro de uma população de suínos significativamente desafiados por doenças, o CV para a saúde aumentaria para 0,04, enquanto em condições de saúde “Ótimas” o CV será próximo de zero.

Variabilidade entre grupo de suínos

Normalmente, em grandes baias, o coeficiente de variação sobre uma população específica de suínos com média de ganho de peso a um peso vivo similar é frequentemente maior que 10% (Pomar et al., 2003; Morel et al., 2008). Esta última reflete a variabilidade do consumo diário de ração e dP para um grupo de suínos. Além disso, esse efeito irá variar o requerimento nutricional de energia e AAs para as diferentes funções do organismo e para manutenção. Em outras palavras, o efeito da variação entre animais em um grupo de suínos precisa ser considerado quando determina-se os requerimentos nutricionais (ex. AAs, energia, Ca, P, etc.).

Um dos principais contribuintes para reduzir a eficiência marginal da utilização de AAs para o crescimento quando se utilizam requerimentos para um máximo crescimento é a variabilidade entre animais (Baker, 1986; Moehn et al., 2000; de Lange et al., 2001c). Uma diminuição da eficiência marginal da utilização de nutrientes implica na redução dos benefícios máximos da escolha do requerimento de AAs da dieta para uma máxima performance de crescimento de um grupo de suínos. Para um lucro máximo, a otimização dos níveis de AAs na dieta deve ser escolhida com base na maximização da diferença entre o custo variável (determinado pelo primeiro aminoácido limitante) e os resultados como a taxa de crescimento, conversão alimentar e valor de carcaça (ou peso vivo).

Para entender os efeitos da variabilidade entre os animais e seus impactos nos requerimentos de AAs e no custo final, a Figura 3 mostra a relação entre os níveis de lisina na dieta e a proporção de suínos que são contemplados com o requerimento de lisina proposto em dois diferentes grupos de suínos com uma variação de 10 e 20% no ganho diário de peso ou dP. A mesma figura indica que quando o coeficiente de variação da dP é aproximadamente de 10% os níveis de lisina dietética devem ser aumentados em 5% para atingir os requerimentos de 70% da população (baseado na média relativa de um suíno dentro do grupo). Quando o coeficiente de variação dos suínos é de 20%, o ajuste para os requerimentos de lisina está entre 10%. Baseado nas análises feitas por Pomar et al. (2003) e usando modelos estocásticos (NutriOpt), os níveis precisam ser ajustados para atingir os requerimentos de AAs de aproximadamente 70% dos suínos. Além disso, o ajuste pode ser aplicado para estimar os requerimentos de AAs da média de um suíno em um grupo para determinar os requerimentos de AAs de uma população específica de suínos.

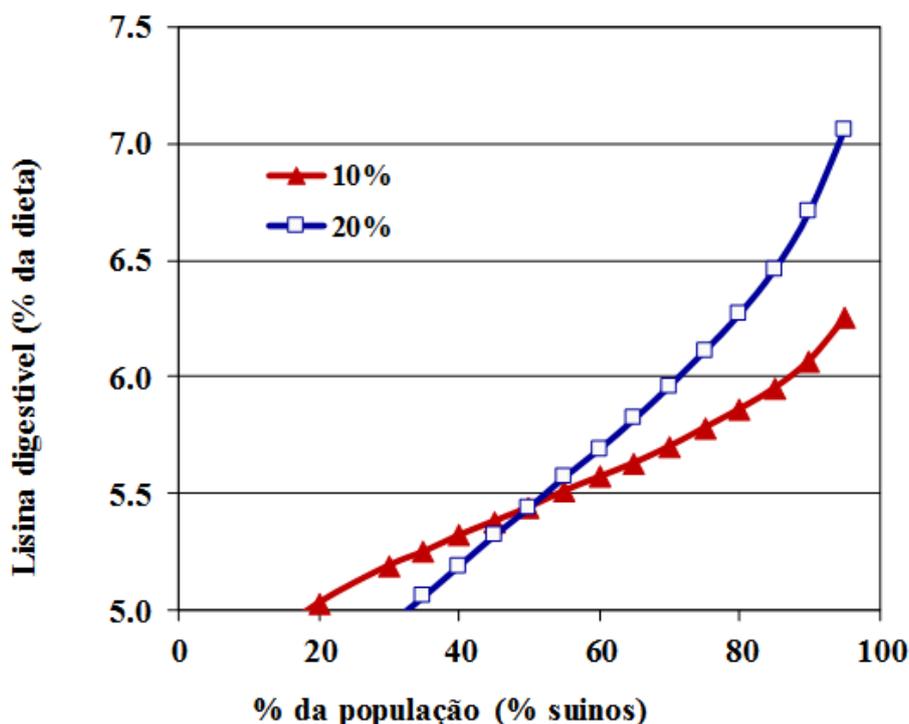


Figura 3. Impacto do coeficiente de variação para deposição proteica corporal (dP, 10 vs. 20%) na relação entre digestibilidade ileal estandardizada de lisina digestível e a proporção de suínos que tem seus requerimentos atendidos para dP. (80 kg PV, 140 g/d dP, consumo voluntário de 90% de acordo com o NRC 1998; com ED de 14 MJ/kg).

Otimização

Em todo modelo matemático aplicado a condições comerciais é necessário otimizar as estratégias nutricionais baseado no retorno da inversão e/ou as respostas produtivas e não meramente em formulações ao mínimo custo definidas pelos requerimentos nutricionais do animal. Este método é o mais apropriado para melhorar significativamente a rentabilidade do negócio e o desempenho produtivo a nível comercial. Inicialmente Gous e Berhe (2006) definiram os critérios básicos para o processo de otimização de um modelo:

- Custos alimentares a níveis nutricionais definidos.
- Respostas produtivas às mudanças de diferentes perfis nutricionais.
- Avaliar os custos fixos e variáveis associados ao sistema de produção.
- Definição dos processos geradores da receita (rentabilidade).

Em geral, o processo da otimização é iniciado utilizando as especificações iniciais (nutrientes) para a formulação de rações para determinar os programas alimentares de menor custo. Posteriormente, estes programas alimentares serão avaliados dentro da resposta biológica animal do modelo para produzir uma resposta específica, incluindo as respostas produtivas, a quantidade de ração necessária por fase, crescimento, e características da carcaça. Com estes resultados é possível gerar os custos e as receitas que foram sugeridas pelo otimizador para completar o ciclo. Atualmente o NutriOpt conta com vários critérios para otimizar: o conteúdo de energia, densidade de nutrientes, conteúdo de AAs, programas alimentares, pesos vivos e pesos da carcaça, e alimentação por fases; enquanto que os objetivos incluem



maximizar a crescimento do animal, lucro sobre o custo alimentar, lucro líquido, reduzir a conversão alimentar, reduzir os custos por kg/ganho, e excreção de nutrientes.

Em todo modelo, o conceito de retorno econômico, deve contar com estratégias claramente definidas que o produtor deve avaliar cuidadosamente antes de tomar uma decisão concreta. A nosso critério, as seguintes estratégias são necessárias para determinar a melhor receita de um sistema de produção:

Estratégias e objetivos nutricionais

Todo modelo de crescimento, como o NutriOpt, deve incluir estratégias nutricionais capazes de poder incluir e definir:

- Determinar os requerimentos nutricionais baseado em três maiores pilares:
 - Objetivo do cliente (produtor) seja em retorno financeiro (lucro) ou respostas produtivas (melhorar o ganho de peso ou conversão alimentar).
 - Gerenciar adequadamente os consumos atuais com os projetados dentro de programas alimentares para cada linhagem ou sexo.
 - Capacidade de poder determinar as diferentes densidades de nutrientes das rações formuladas.
- Reduzir períodos de sobre/subalimentação de nutrientes.
- Estimar os impactos econômicos de usar alternativas tecnológicas como ractopamina ou imunocastração.

É de vital importância mencionar que os modelos devem ter a capacidade de definir ótimas estratégias nutricionais em base a:

- Os preços atuais e futuros das matérias primas.
- Do preço atual do suíno.

Em consequência, as respostas financeiras (lucro) para alterar a densidade energética e/ou a relação entre lisina/energia da ração devem ser previstas ao longo do tempo junto com os resultados usados para mudar a estratégia nutricional com o objetivo de manter a solução ideal.

Gerenciando os programas alimentares

Uma das perguntas mais comuns feitas pelos produtores de suínos é a quantidade de rações que devem compor um programa nutricional para a recria-terminação. A resposta adequada a esta pergunta vai influenciar profundamente o lucro financeiro. Em consequência, o programa alimentar deve ser implementado em base ao custo das rações vs. os requerimentos nutricionais para qualquer fase do crescimento do animal. Isto é feito comparando as respostas produtivas dos programas alimentares com seus respectivos custos financeiros e permitindo ao produtor determinar o melhor programa alimentar que melhor atenda seus objetivos produtivos.



Gerenciando as estratégias financeiras

É fundamental para qualquer estratégia financeira para suínos durante as fases de creche, recria, e terminação um sistema de pagamento (seja por peso vivo ou por carcaça) que sirvam como índices e/ou incentivos de pagamento. Em modelos comerciais, o fator da composição e características da carcaça desempenha um papel fundamental no momento de bonificar o produtor. Estimativas precisas da variação do peso da carcaça, do rendimento de tecido magro, da espessura do toucinho, e da profundidade do lombo são fundamentais para a precisão da determinação das margens de lucro ou perda de um produtor. Com o NutriOpt é possível simular os desempenhos do mercado para qualquer sistema de pagamento (incluindo cortes primários específicos como lombo, pernil, paleta, etc.) e assim determinar as consequências financeiras de qualquer mudança de produção, como os custos de alimentação, saúde, densidade por baia, genética e peso vivo de abate. Por exemplo, é possível determinar o peso vivo médio ótimo de abate do mercado que um produtor deve atingir no presente, que pode não ser o mesmo peso vivo atualmente pago no sistema (Figura 4).

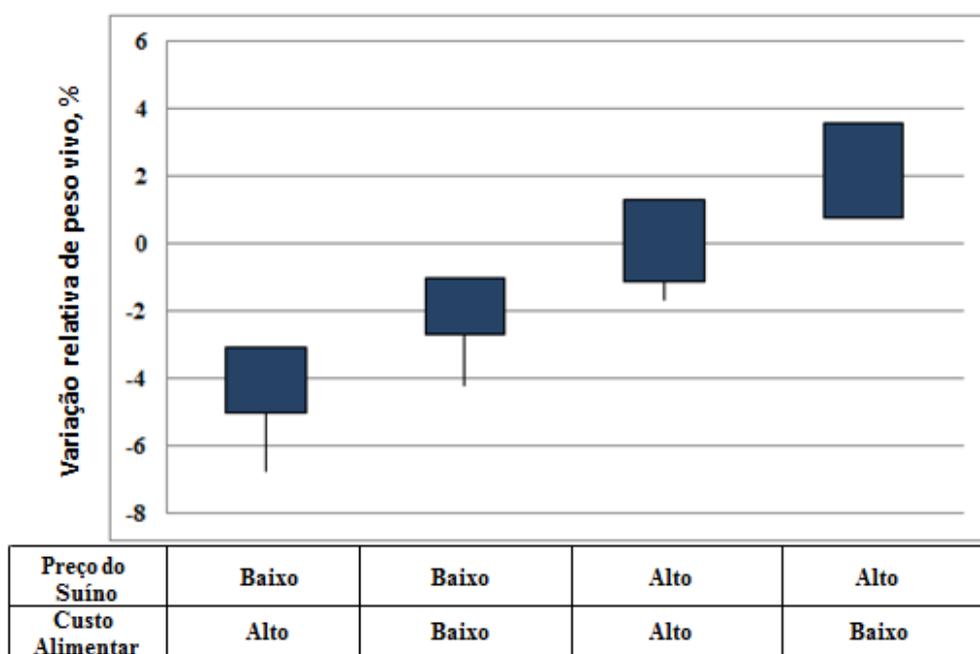


Figura 4. Predição da variação relativa de pesos vivos de suínos para abate associados com as mudanças de preços do suíno e dos alimentos (Simulações do NutriOpt; preço médio do suíno R\$ 3,86/kg, baixo=R\$ 3,47, alto=R\$ 4,24; Custo alimentar R\$ 715 – 852/TM; baixo= -10%, alto=+10%). Os custos e pesos vivos foram avaliados considerando as regiões de SP, MS, SC, MG, e PR.

Excreção de nutrientes

A essência da produção da carne suína é converter os nutrientes dietéticos, provenientes de matérias primas nobres e de uma ampla variação, em carne suína de alta qualidade. No entanto, este processo implica em muitos casos uma pobre avaliação de parte dos nutricionistas, empresas privadas, e produtores em mensurar matérias primas ou nutrientes não utilizados pelo animal e suas consequências médio-ambientais para atender uma carne suína top. Atualmente, o governo Brasileiro ainda não tem prestado muita atenção neste problema (Lei N°9.605, de 12 de Feve-



reiro de 1998), mas certos setores do governo estariam avaliando implementar leis relacionadas para controlar a poluição do meio ambiente como consequência da atividade pecuária no Brasil (Governo Federal, Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2011).

Para poder prevenir estes problemas potenciais para o produtor suíno ou pecuário, os modelos devem incluir ferramentas necessárias para poder determinar o grau de excreção dos dejetos ao meio ambiente (ex. NutriOpt, NRC, 2012; Figura 5). Assim, uma das habilidades do NutriOpt de prever o consumo voluntário de alimento e a partição de nutrientes para a DP e lipídica corporal é a capacidade de determinar a quantidade da excreção de nutrientes especialmente como o N e P. Entendendo a quantidade de N e P excretado no ambiente em um período determinado, o NutriOpt tem a capacidade de desenvolver rações e programas alimentares que reduzam a excreção destes nutrientes atendendo as respostas produtivas e/ou financeiras do produtor. Assim por exemplo, o impacto de trocar de 3 a 5 fases em um programa alimentar implicaria na redução de 50 g N/suíno, ou seja, que o impacto anual em barracão de 1000 suínos seria de 135 kg N.

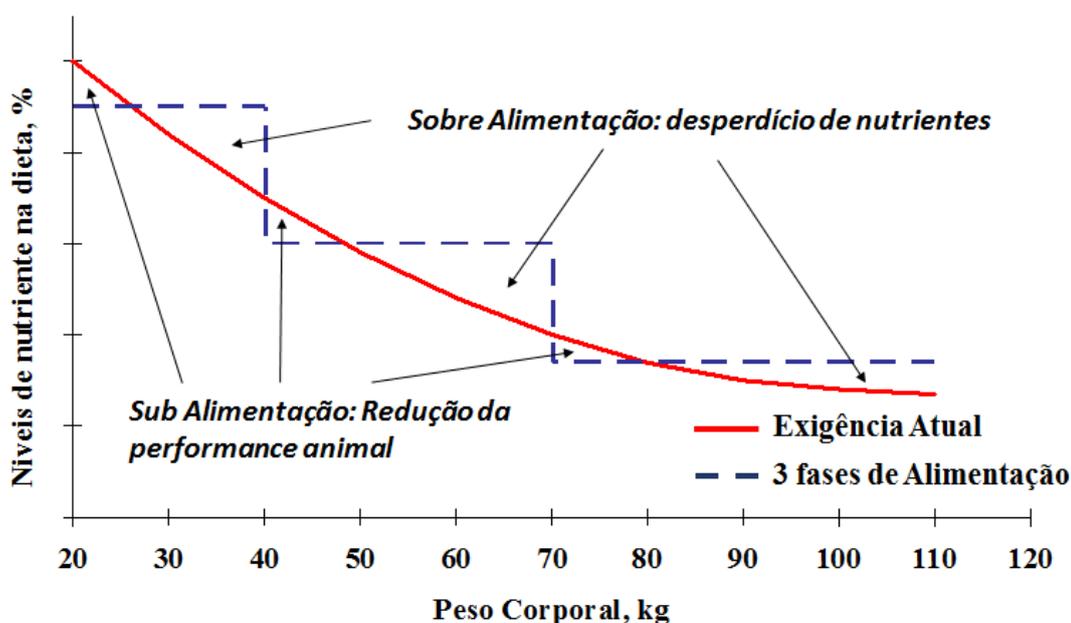


Figura 5. Conceito de alimentação por fase, ilustrando a mudança contínua nos níveis nutricionais requeridos (% da dieta) os níveis nutricionais constantes em uma alimentação de três fases e os períodos onde suínos são alimentados abaixo dos requerimentos.

Conclusões

Para produzir suínos com sucesso em um mercado cada vez mais volátil, é necessário desenvolver diferentes estratégias direcionadas a otimizar a nutrição, manejo, e retorno financeiro através de um processo de tomada de decisões mais informado. Portanto, a capacidade de tomar as melhores decisões neste ambiente de constantes mudanças se tornará cada vez mais dependente da aplicação de modelos de gerenciamento integrado, como o NutriOpt. Estes sistemas integrados podem simular dinamicamente todo o processo produtivo e assim prever as respostas de causa-efeito direcionada a mudança específica e, portanto, determinar a consequên-



cia financeira de uma decisão anteriormente tomada. Isso permitirá e outorgará aos produtores a suficiente capacidade de desenvolver suas próprias soluções ideias para seu sistema de produção específico.

Referências

- Anil, L.; Anil, S.S.; and Deen, J. (2007). Effects of allometric space allowance and weight group composition on grower-finisher pigs. *Can J. Anim. Sci.* 87:139-151.
- Baker, D.H. (1986). Critical review: Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. *J. Nutr.* 116:2339-2349.
- Birkett, S. and de Lange, K. (2001a). Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. *Brit. J. Nutr.* 86, 647-659.
- Birkett, S. and de Lange, K. (2001b). A computational framework for a nutrient flow representation of energy utilization by growing monogastric animals. *Brit. J. Nutr.* 86, 661-674.
- Birkett, S. and de Lange, K. (2001c). Calibration of a nutrient flow model of energy utilization by growing pigs. *Brit. J. Nutr.* 86, 675-689.
- Black, J. L.; Campbell, R. G.; Williams, I. H.; James, K. J.; and Davies, G. T. (1986). Simulation of energy and protein utilization in the pig. *Res. Devel. Agric.* 3: 121-145.
- Botermans, J.A.M. (1999). Feeding environment for growing-finishing pigs. Effects of competition for feeding frequency on performance, behavior, injuries, plasma cortisol and exocrine pancreatic secretion. *Acta Univ. Agric. Sueciae – Agraria* 192:1-45.
- Clapperton, M.; Diack, A.B.; Matika, O.; Glass, E.J.; and Gladney, C.D. (2009). Traits associated with innate and adaptive immunity in pigs: heritability and associations with preference under different health status conditions. *Genet. Sel. Evol.* 41:54-61.
- Chapple, R. P. (1993). Effect of stocking arrangements on pig performance. Pages 87-97 *in* E. S. Batterham, ed. *Manipulating pig production IV*. Australian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia.
- Colditz, I.G. (2004). Some mechanisms regulation nutrient utilization in livestock during immune activation: an overview. *Aust J Exp Agr* 44: 453-457.
- de Lange, C. F. M. and Schreurs, H. W. E. (1995). Principles of model application. Pages 187-208 *in* P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen, and M. I. Visser-Reyneveld, eds. *Modelling growth in the pig*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- de Lange, C.F.M.; Morel, P.C.H. and Birkett, S.H. (2003). Modeling chemical and physical body composition of the growing pig. *J. Anim. Sci.* 81 (14, Suppl., Electronic Supplement 2):E159-E165.
- de Lange, C.F.M.; Levesque, C.L.; and Kerr, B.J. (2012). Amino acid nutrition and efficiency. In: *Feed efficiency in Swine*, Ed. John Patience. Wageningen Academic Publishers.
- Ferguson, N. S. (2006). Basic concepts describing animal growth. In: R. M. Gous, T. R. Morris and C. Fisher (eds.) *Mechanistic modelling in pig and poultry production*. CABI, Oxfordshire, UK.
- DeDecker, J.M.; Ellis, M.; Wolter, B.F.; Corrigan, S.E.; Curtis, G.; and Hollis, R. (2005). Effect of stocking rate on pig performance in wean-finish production system. *Can. J. Anim. Sci.* 85:1-5.
- Emmans, G.C. (1981). A model of the growth and feed intake of *ad libitum* fed animals, particularly poultry. In: Hillyer, G.M., Wittemore, C.T. and Gunn, R.G. (eds) *Computers in Animal Production*. Animal Production Occasional Publication No. 5, London, pp. 103-110.



- Emmans, G.C. and Kyriazakis, I. (1999). Growth and body composition. In: Kyriazakis, I. (ed.) *A Quantitative Biology of the Pig*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 181-197.
- Flori, L.; Gao, Y.; Laloe, D.; Lemonnier, G.; Leplat, J-J.; Teillaud, A.; Cossalter, A-M.; Laffitte, J.; Pinton, P.; de Vauriex, C.; Bouffaud, M.; Mercat, M-J.; Lefevre, F.; Oswald, I.P.; Bidanel, J-P.; and Rogel-Gaillard, C. (2011). Immunity traits in pigs: Substantial genetic variation and limited covariation. *PLoS ONE* 6:1-11.
- Forbes, J. M.; Varley, M. A.; Lawrence, T. L. J.; Davies, H.; and Dikethly, M. C. (Eds.). (1989). The voluntary food intake of pigs. Occasional Publication of the British Society of Animal Production, no 13. Penicuik, UK.
- Gous, R.M and Berhe, E.T. (2006). Modeling populations for purposes of optimization. In (.R.M. Gous, T. Morris and C. Fisher): *Mechanistic modeling in Pig and Poultry Production*. CAB International, UK. pp 76-96.
- Governo Federal, Ministério do Médio Ambiente (2011). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão Preliminar para consulta pública. http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao_02022012041757.pdf.
- Heartland/Euro Lysine 1991. Fortel Seminar/Workshop. Heartland Lysine Inc., 8430 W. Bryan Mawr, Suite 650, Chicago, IL.
- Kyriazakis, I.; Stamataris, C.; Emmans, G.; and Whittemore, C. (1991). The effects of food protein content on the performance of pigs previously given foods with low or moderate protein content. *Anim. Prod.* 52:165-173.
- Le Floc'h, N.; Melchior, D., Obled, C. (2004). Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. *Livest Prod Sci* 87: 37-45.
- Li, P.; Yin, Y.; Li, D.; Kim, S.W.; and Wu, G. (2007). Amino acids and immune functions. *Brit J Nutr* 98: 237-252.
- Lovatto, P. A., and Sauvart, D. (2003). Modeling homeorhetic and homeostatic controls of pig growth. *J. Anim. Sci.* 81: 683-696.
- Martínez-Ramírez, H.R. and de Lange, C.F.M. (2007). Compensatory growth in pigs. Pages 331-353 In *Recent Advances in Anima Nutrition*. P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, Ed. Nottingham University Press, Nottingham, U.K.
- Martínez-Ramírez, H.R.; Jeaurond, E.A.; and de Lange, C.F.M. (2008a.) Dynamics of body protein deposition and changes in body composition following sudden changes in amino acid intake: I. Barrows. *Journal of Animal Science* 86:2156-2167.
- Martínez-Ramírez, H.R.; Jeaurond, E.A.; and de Lange, C.F.M. (2008b). Dynamics of body protein deposition and changes in body composition following sudden changes in amino acid intake: II. Entire males. *Journal of Animal Science* 86:2168-2179.
- Martínez-Ramírez, H.R.; Raele, E.; e Gracioli, D. (2014). Resposta dos suínos para AAs e nitrogênio. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal - CBNA. 23 a 26 de Setembro de 2014 - Estância de São Pedro, SP - Brasil.
- Möhn, S. and de Lange, C. F. M. (1998). The effect of energy intake on body protein deposition in a population of gilts between 25 and 70 kg body weight. *J. Anim. Sci.* 76: 124-133.
- Möehn, S.; Gillis, A.M.; Moughan, P.J.; and de Lange, C.F.M. (2000). Influence of dietary lysine and energy intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 78:1510-1519.



- Morel, P. C. H.; Alexander, D. L. J.; Sherriff, R. L.; Sirisatien, D., and Wood., G. R. (2010). A new development of pig growth modelling. In: D. Sauvant, J. Van Milgen, P. Faverdin and N. Friggens (eds.) Modelling nutrient digestion and utilization in farm animals. p 83-90. Wageningen Academic Publisher, Wageningen.
- Morel, P.C.H.; Wood, G.R.; and Sirisatien, D. (2008). Effect of genotype, population size and genotype variation on optimal diet determination for growing pigs. *Acta Horticulturae* 802, 287-292.
- Moughan, P. J. (1989a). Simulation of the daily partitioning of lysine in the 50 kg live weight pig - A factorial approach to estimating amino acid requirements for growth and maintenance. *Res. Devel. Agric.* 6: 7-14.
- Moughan, P. J. (1989b). Simulation of the daily partitioning of lysine in the 50 kg live weight pig - A factorial approach to estimating amino acid requirements for growth and maintenance. *Res. Devel. Agric.* 6: 7-14.
- Moughan, P. J. and Verstegen, M. W. A. (1988). The modelling of growth in the pig. *Neth. J. Agric. Res.* 36: 145-166.
- Moughan, P. J., Kerr, R. T. and Smith, W. C. (1995b). The role of simulation models in the development of economically-optimal feeding regimens for the growing pig. Page 209–222 in P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen, and M. I. Visser-Reyneveld, eds. *Modelling growth in the pig*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Moughan, P. J., Smith, W. C. and Pearson, G. 1987. Description and validation of a model simulating growth in the pig (20–90 kg live weight). *NZ J. Agric. Res.* 30: 481-490.
- NRC (National Research Council) (1998). *Nutrient Requirements of Swine*. Tenth Revised Edition. National Academic Press, Washington, D.C. 20418 USA.
- NRC (2012). *Nutrient Requirements of Swine*. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Pomar, C. (2014). The utilization of mathematical models to improve swine production. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal - SALA SUÍNOS, CBNA. 23 a 26 de Setembro de 2014 - Estância de São Pedro, SP - Brasil.
- Pomar, C.; Harris, D. L.; and Minville, F. (1991). Computer simulation model of swine production systems: 1. Modelling the growth of young pigs. *J. Anim. Sci.* 69: 1468-1488.
- Pomar, C.; Kyriazakis, I.; Emmans, G.C.; and Knap, P.W. (2003). Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. *J. Anim. Sci.* 81, E178-186E.
- Rakhshandeh, A.; Htoo, J.K.; Karrow, N.; Miller, S.P.; C.F.M. de Lange (2013). Impact of Immune System Stimulation on the Ileal Nutrient Digestibility and Utilisation of Methionine Plus Cysteine Intake for Whole-Body Protein Deposition in Growing Pigs. *Br. J. Nutr.* 111:101-110.
- Reeds, P.J. and Jahoor, F. (2001). The amino acid requirements of disease. *Clin Nutr* 20 (S1): 15-22.
- Schinckel, P. and de Lange, C.F.M. (1996). Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.* 74: 2021-2036.
- Stranks, M. H.; Cooke, B. C.; Fairbairn, C. B.; Fowler, N. G.; Kirby, P. S.; MacKracken, K. J.; Morgan, C. A.; Palmer, F. G.; and Peers, D. G. (1988). Nutrient allowances for growing pigs. *Res. Devel. Agric.* 5: 71-88.
- Tindsley, W.H. and I.J. Lean (1984). Effects of weight range at allocation on production and behavior in fattening pig groups. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 12:79-92.
- Turner, S.P.; Dahlgren, M.; Arey, D.S.; and Edwards, S.A. (2002). Effect of social group size and initial live weight on feeder space requirements of growing pigs given food ad libitum. *Anim. Sci.* 75: 75-83.



Theodorou, M. K. and France J. (Eds.). (2000). Feeding systems and feed evaluation models. CABI publishing, CAB International, Wallingford, UK. 479 pp.

Technisch Model Varkensvoeding. (TMV) (1994). Informatie model. Proefstation voor de varkenshouderij, P.O. Box. 83, 5240 AB Rosmalen, The Netherlands.

van Milgen, J.; Noblet, J.; Valancogne, A.; Dubois, S.; and Dourmad, J.Y. (2008). InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 143: 387-405.

Weis, R.N.; Birkett, S.H.; Morel, P.C.H.; and de Lange, C.F.M. (2004). Effects of energy intake and body weight on physical and chemical body composition in growing entire male pigs. J. Anim. Sci. 82:109-121.

Whittemore, C. T. (1983). Development and recommended energy and protein allowances for growing pigs. Agric. Syst. 11: 159-186.

Williams, N.H., Stahly, T.S.; Zimmerman, D.R. (1997). Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency and composition of growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 27 kg. J Anim Sci 75: 2463-2471.



INTOXICAÇÃO POR FUMONISINAS - CLÍNICA E PATOGENIA

Verena Starkl

Biomim Holding GmbH, Erber Campus 1, 3131 Getzersdorf, Austria

Introdução e mecanismo de ação das fumonisinas

O primeiro caso documentado de uma provável intoxicação por fumonisina foi em 1970 na África do Sul, quando leucoencefalomalácia equina (LEME) foi encontrada em cavalos que consumiram milho bolorento. O fungo predominante encontrado foi *Fusarium verticillioides* (antigo *Fusarium moniliforme*). Em 1984 foi confirmado que o *F. verticillioides* não somente causou a LEME, mas também edema pulmonar suíno (EPS) em porcos e câncer de fígado em ratos (Marasas, 2001). A descoberta de fumonisinas B₁ e B₂ foi resultado de esforços para isolar a substância causadora de câncer de fígado do *F. verticillioides* (Gelderblom et al., 1988), e suas estruturas químicas foram elucidadas logo em seguida (Bezuidenhout et al., 1988). Hoje em dia também *F. proliferatum* e outro fungos produzem as fumonisinas e podem ser encontrados na maioria das espigas de milho, incluindo aquelas aparentemente saudáveis (Bacon e Williamson, 1992).

A semelhança estrutural das fumonisinas com as bases esfingóides esfinganina (Sa) e esfingosina (So) é crucial para sua toxicidade (Figura 1) e, portanto, habilidade para interromper o metabolismo esfingolípido e interferir nas seguintes sínteses e etapas.

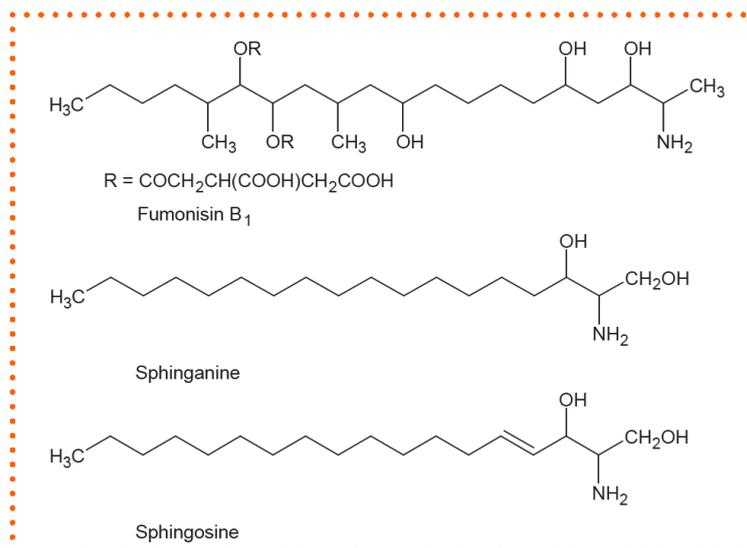


Figura 1. Estruturas da fumonisina B₁, esfinganina e esfingosina.

A FB₁ inibe a enzima ceramida sintase, resultando na interrupção do metabolismo do esfingolípido (Figura 2). A ceramida sintase catalisa a acilação de Sa na biossíntese de esfingolípídios, bem como a desacilação de Sa e So dietéticas liberadas pela degradação de esfingolípídios complexos (ceramida, esfingomielina e glicosfingolípido). Como consequência dessa interrupção, os níveis de produtos



intermediários do metabolismo de esfingolípídios são modificados. O nível de Sa e, um pouco menos o nível de So, aumentam (Figura 2). E como consequência a relação Sa/So aumenta. Entretanto, os níveis de ceramida e esfingolípídios complexos se mantêm (esfingomielina e glicosfingolípídios, componentes de membranas de células musculares e nervosas) (Merrill *et al.*, 2001a).

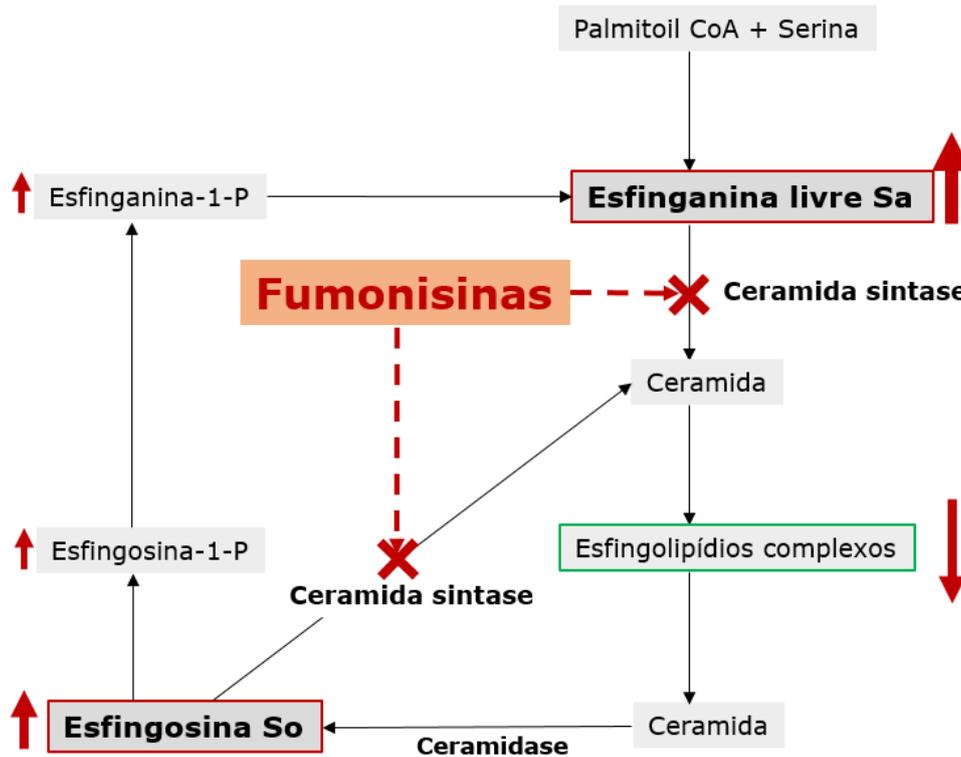


Figura 2. Metabolismo esfingolípídio e sua interrupção por fumonisinas. As fumonisinas inibem a ceramida sintase levando a um aumento dos níveis de Sa e So, as quais são tóxicas para a maioria das células. A relação Sa/So serve como biomarcador para a toxicidade por fumonisinas. As setas indicam aumento (©) ou diminuição (™) nos níveis da respectiva substância devido a contaminação por fumonisina. A fim de simplificar os gráficos, somente os principais intermediários e as principais enzimas estão representadas (modificado de Merrill *et al.*, 2001; Voss, 2007).

Efeitos das fumonisina em suínos

Absorção, distribuição e transporte de fumonisinas em suínos

As fumonisinas são letais para porcos e cavalos, mas têm pouco impacto em aves e ruminantes. Pensa-se que a razão para essas diferenças seja devido a diferentes formas pelas quais as fumonisinas são absorvidas e metabolizadas. Comparado com aflatoxinas, são necessárias relativamente altas doses de fumonisinas para causar dano. Fumonisinas são pouco absorvidas quando dosadas oralmente, eliminadas rapidamente do plasma ou circulação sanguínea e podem ser recuperadas nas fezes. A excreção biliar é um caminho importante de reciclagem entero-hepática em alguns animais. Pequenas quantidades de fumonisinas são excretadas na urina e uma pequena quantidade, mas persistente e biologicamente ativa, é retida no fígado e rins.



Exposição de relativa longa duração (24 dias) levaram à acumulação de fumonisinas no fígado e rins. Depois de mudar para ração não contaminada, o nível de fumonisinas detectado no fígado e rins caiu rapidamente, mas ainda era mensurável depois de nove dias. Portanto, estimou-se que exposição à FB1 dietética a 2 - 3 ppm na ração requer um período de reclusão de pelo menos duas semanas para a fumonisina ser eliminada do fígado e rins (Prelusky et al., 1996a).

Quando foi administrado para porcos uma única dose oral de 5mg FB1/kg de peso vivo, FB1 pôde ser detectada no plasma em todos os leitões entre 30 minutos e uma hora, até 36 horas pós dosagem. Depois de 36 horas, nenhuma FB1 foi encontrada no plasma dos respectivos leitões. Fezes contendo fumonisinas foram excretadas começando a partir de oito até 84 horas, depois que doses únicas de fumonisina B1 foram administradas e 76,5% das fumonisinas dosadas foram recuperadas das fezes. FB1 foi detectada na urina, começando a partir de 45 minutos até 48 horas depois da dosagem. Apenas 0,93% da dose inicial de FB1 foi detectada na urina. A relação Sa/So no plasma aumentou depois de seis horas, atingiu um máximo depois de 12 horas e permaneceu elevada 96 horas após a dosagem. Na urina, a relação Sa/So aumentou depois de 12 horas, atingindo um máximo somente depois de 48 horas (Dilkin et al., 2010).

Efeitos no sistema imunológico

Os intestinos exercem uma função muito importante na defesa imunológica já que a mucosa do intestino hospeda cerca de 80% de células produtoras de anticorpos. Consequentemente, é crucial certificar-se de uma absorção de nutrientes a uma taxa apropriada e manter a integridade do intestino (Grenier and Applegate, 2013). A função de barreira pode ser alterada através de uma exposição às fumonisinas e outras micotoxinas, ameaçando assim, a saúde do animal por várias formas. Exposição crônica à FB1 debilita a integridade epitelial intestinal e assim abre as portas para patógenos e aumenta o nível das toxinas absorvidas. Foi comprovada a diminuição na proliferação de células intestinais epiteliais não diferenciadas e infecções intestinais prolongadas. As fumonisinas aumentam a colonização intestinal pelo patógeno *E. coli*. Foram observadas excreção prolongada de *E. coli* enterotoxigênica seguida de infecção e indução reduzida de resposta imunológica antígeno- específica e aumento na susceptibilidade dos leitões à *E.coli* patogênica e *Pasteurella multocida* e, como consequência, maior risco à pneumonia pulmonar causada pela *P. multocida*. Também são já documentados os casos de aumento na susceptibilidade à *S. typhimurium* e *P. aeruginosa* e diminuição na fagocitose do *S. typhimurium* nos macrófagos alveolares. A resposta humoral também é afetada pelas fumonisinas. Foram observadas uma redução na capacidade estimuladora da célula T, uma inibição da proliferação de linfócitos, uma redução na atividade fagocítica, uma redução na viabilidade e apoptose dos macrófagos alveolares nos suínos e uma diminuição de supra regulação das histocompatibilidades principais do complexo da classe II.

Também em alguns casos foram diminuídos os títulos de anticorpos após vacinação contra *Mycoplasma agalactiae* por impacto das fumonisinas.



Edema pulmonar em suínos (EPS)

Edema Pulmonar Suíno (EPS) é uma doença específica da espécie, causada pela fumonisina que diminui a contractilidade cardíaca, pressão arterial sistêmica média, batimento cardíaco em débito cardíaco, e um aumento na pressão média da artéria pulmonar bem como pressão na oclusão da artéria pulmonar (Constable *et al.*, 2000; Constable *et al.*, 2003). As doenças EPS induzidas pela fumonisina aparentemente foram causadas pelo grave comprometimento das cavidades cardíacas esquerdas e um aumento na concentração de esfingosina no tecido, o que inibe canais de cálcio tipo L nas células cardíacas, e conseqüentemente, causou uma diminuição na liberação de cálcio e contratilidade cardíaca. Além disso, isto também levou à uma diminuição na frequência cardíaca. Quando a frequência da contratilidade do coração diminui, a pressão arterial média cai abaixo do nível necessário para regular a circulação cardíaca causando EPS (Smith *et al.*, 1999). A Figura 3 mostra o mecanismo de EPS induzidos pela fumonisina em suínos.

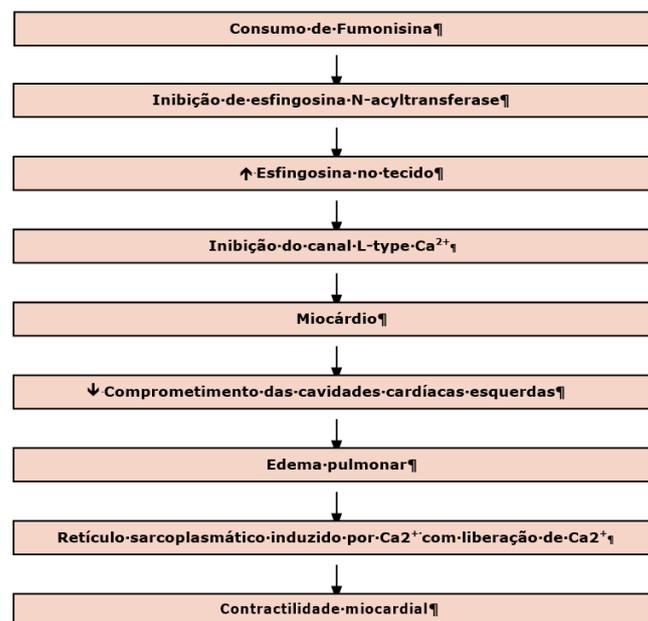


Figura 3. O desenvolvimento da EPS induzida pela fumonisina em suínos. Adaptado de: Gupta, Vet. Toxicologia, p 1208, Segunda Edição, 2012.

A severidade dos sintomas depende principalmente da duração da exposição e na concentração de fumonisinas. Entre 1989 e 1990, epidemias de EPS foram relatadas e várias partes dos Estados Unidos. Milhos quebrados obtidos de plantações afetadas estavam predominantemente contaminadas com *F. verticillioides* e continham 20 - 330 ppm de FB1 (Harrison *et al.*, 1990; Osweiler *et al.*, 1992; Ross *et al.*, 1992). Num experimento com duração de oito semanas para avaliar a contaminação mínima com fumonisina na ração a ponto de afetar o animal, observou-se que 1 ppm de fumonisina foi suficiente para causar alterações patológicas nos pulmões em um de cada quatro leitões, enquanto que 5 ppm causaram alterações em dois de cada cinco animais, e 10 ppm causaram alterações em três de cada quatro animais. Esses resultados demonstraram claramente que nem todos os animais demonstram ter a mesma sensibilidade. Em cada leitão, a proliferação das fibras dos tecidos conectivos nos pulmões, especialmente em volta dos vasos linfáticos, foi observado



(Zomborszky-Kovacs et al., 2002). Um edema pulmonar não letal também foi relatado após quatro semanas de exposição à 10 ppm de fumonisina (Zomborszky-Kovacs et al., 2000). Em um experimento onde os efeitos das fumonisinas de do deoxynivalenol (DON) separadamente ou combinados foram testados, as lesões pulmonares (Figura 4) foram observadas em leitões com 10 semanas de idade que consumiram dietas contaminadas com 6 ppm de FUM (4,9 ppm FB1 + 1,8 ppm FB2) e leitões que receberam uma combinação de FUM e 3 ppm de DON (Grenier et al., 2011). É interessante notar que no último caso citado, lesões pulmonares foram piores que no grupo alimentado somente com FUM, indicando um efeito aditivo e/ou sinérgico de FUM e DON.

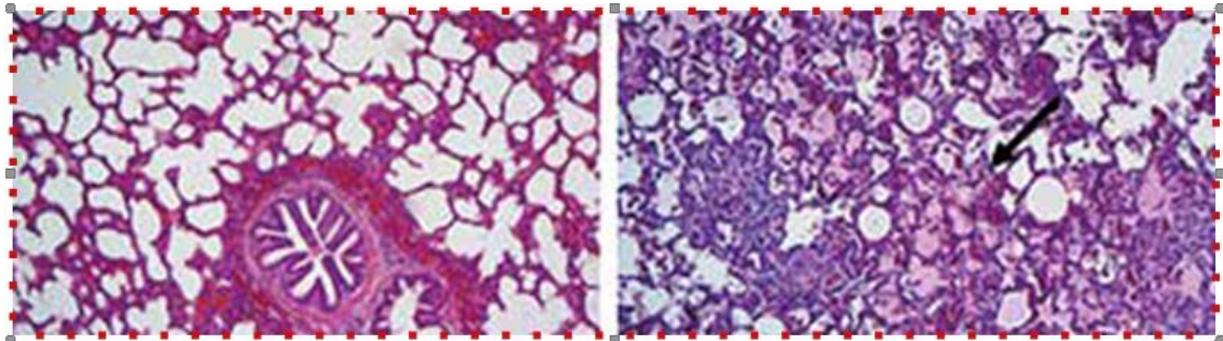


Figura 4. O efeito da exposição à fumonisina nos pulmões. Lado esquerdo: Fotografia de tecidos saudáveis dos pulmões. Lado direito: Pulmões de um leitão alimentado com uma dieta contaminada com fumonisinas. Edema alveolar e infiltrado inflamado foi observado. HE. Barr 100 µm Fonte: A.P. Bracarense, Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

Sintomas clínicos tais como desconforto respiratório, fraqueza, cianose e morte ocorreram tipicamente 2 – 7 dias após os leitões começarem a consumir dietas contendo ração altamente contaminada (>17 ppm FB1). Na necropsia, não houve colapso pulmonar quando foram removidos do tórax (Osweiler et al., 1992) e os animais mostraram diferentes graus de edema intersticial e inter lobular, com edema pulmonar e hidro tórax (Colvin & Harrison, 1992; Colvin et al., 1993; Haschek et al., 1992). Um líquido claro cor palha é acumulado na cavidade pleural que coagula quando exposto ao ar (Osweiler et al., 1992). Em casos menos severos, a incidência de mortes cessou dentro de 48 horas após o recolhimento da ração contaminada.

Hepatose tóxica causada por fumonisina

A hepatose tóxica pode ocorrer juntamente com EPS (Osweiler et al., 1992; Colvin et al., 1993). Esse fato foi observado em animais que consumiram altos volumes de fumonisinas mas não desenvolveram EPS (Haschek et al., 1996). Lesões hepáticas também ocorrem com doses de FUM mais baixas e aplicadas por mais tempo, bem como doenças progressivas no fígado podem ocorrer gradualmente. Leitões desmamados alimentados com >23 ppm total de fumonisinas (FB1 78 % + FB2 22 %) mostraram lesões no fígado, caracterizadas por apoptose hepatocelular dispersa, necrose e mitose (Haschek et al., 2001; Gumprecht et al., 1998; Motelin et al., 1994). Tipicamente, o fígado contém focos múltiplos de necrose coagulativa (Osweiler et al., 1992; Colvin et al., 1993). Os fígados dos leitões que consumiram 30 ppm de FB1 por 42 dias estavam descoloridos e mostraram vacuolização e necrose



(Piva et al., 2005). Estudos de longo prazo mostraram que concentrações de 1 - 10 ppm de FUM foram suficientes para causar hepatócitos inchados (Zomborszky-Kovacs et al., 2002). A vacuolização nuclear de hepatócitos (típico de fígados gordurosos, compare também Figura 5) e necrose também foram observadas em leitões alimentados com 37 - 44 ppm de FB1 por 14 dias (Grenier et al., 2012). Seis mg de FUM e 3 mg de DON/kg foram colocadas na ração, individualmente e combinadas, e administradas a leitões com 5 semanas de idade durante um período de teste de cinco semanas. DON, fumonisina e DON + FUM induziram à lesões hepáticas moderadas em todos os grupos, o que foi significativamente diferente dos fígados do grupo controle. A combinação de DON + FUM agravou o nível de lesões hepáticas (Grenier et al., 2011).

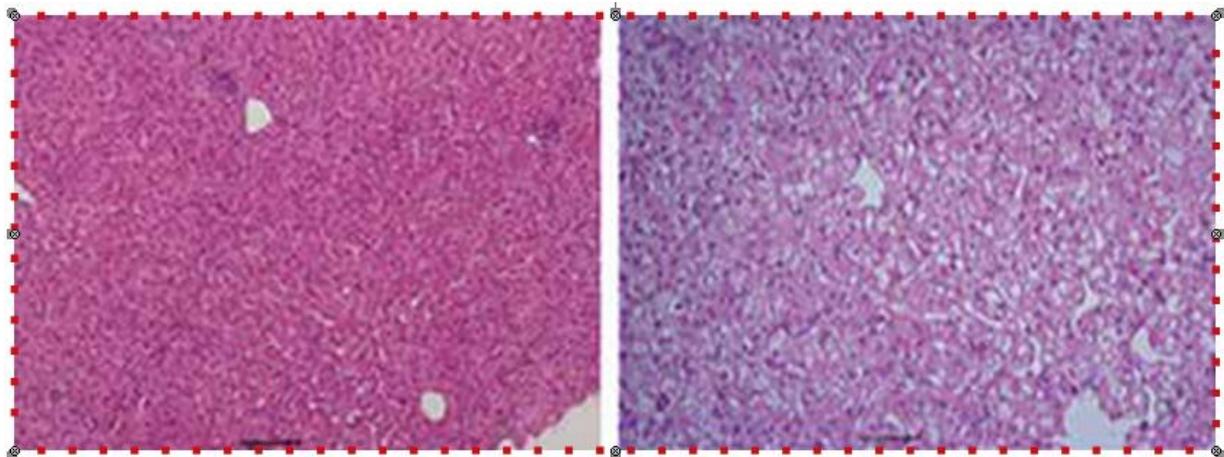


Figura 5. Lado esquerdo: Fígado de um leitão sadio. HE. Barr 100 µm Lado direito: Fígado de um leitão alimentado com uma dieta contaminada com fumonisina. Vacuolização hepatócita difusa foi observada. HE. Barr 50 µm Fonte: A.P. Bracarense, Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

O fígado também produz citocinas com propriedades pró ou anti-inflamatórias. A FB1 na dieta aumentou significativamente os mediadores pró-inflamatórios, e diminuiu significativamente os mediadores anti-inflamatórios, causando um estado inflamatório nos leitões.

O impacto das fumonisinas no trato intestinal

O consumo de ração contaminada com fumonisina não só prejudica a biossíntese de esfingolípídeo causando um aumento no Sa intracelular nos tecidos do fígado, mas também causa um impacto no trato intestinal. 8 ppm de FB1 foram suficientes para influenciar a viabilidade e proliferação das células epiteliais intestinais, bloqueando-as na fase inicial de replicação de DNA (Bouhet et al., 2004), e 40 ppm de FB1 foram citotóxicas à proliferação de células epiteliais intestinais, que geralmente são mais sensíveis que as células não proliferativas. Além disso, a exposição prolongada da monocamada intestinal à FB1 destrói a função de barreira física do trato intestinal, levando à translocação dos patógenos, tais como *E. coli*, do trato intestinal para os gânglios linfáticos mesentéricos, os pulmões e os rins (Bouhet & Oswald, 2007; Oswald et al., 2003). A *E. coli* persiste no intestino grosso dos leitões sob condições normais e podem colonizar o intestino e se translocarem para órgãos internos quando o sistema imunológico estiver comprometido. Leitões que consumi-



ram ração contendo 5 – 8 ppm de fumonisinas por sete dias mostraram colonização de *E. coli* 10 – 100 vezes mais alta no ílio, no ceco e no cólon. Em um estudo com o objetivo de avaliar os efeitos individuais e combinados de 6 ppm de fumonisinas (4,1 FB1 e 1,8 FB2) e 3 ppm de deoxynivalenol em leitões de cinco semanas de idade, observou-se lesões intestinais de amenas a moderadas nos grupos alimentados com micotoxinas (Bracarense et al., 2011). Observou-se que 2,8 μ M (37 – 44 ppm) de FUM diminuiu significativamente a altura das vilosidades no intestino delgado até 31%. Além disso, observou-se uma dilatação no vaso linfático, um edema intersticial e edema no intestino delgado proximal, e dilatação no vaso linfático, atrofia das vilosidades e fusão (Figura 6) em ambos os intestinos delgados, médio e distal, o que confirma estudos anteriores nos quais 30 ppm de FB1 causaram fusão vilosa e atrofia (Piva et al., 2005).

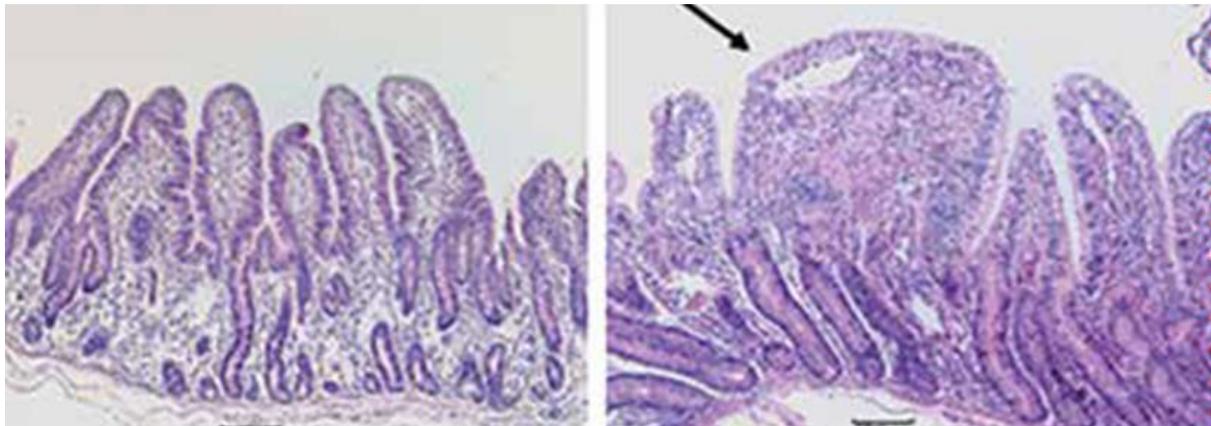


Figura 6. O efeito da exposição à fumonisina na histologia intestinal. Lado esquerdo: jejuno saudável. Lado direito: Jejuno de um leitão tratado com fumonisina onde a fusão vilosa foi observada. HE. Barr 100 μ m Fonte: A.P. Bracarense, Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

Observa-se que o cólon é um alvo importante para respostas ao estresse induzido pela FB1 (Lalles *et al.*, 2010). Um estudo (Gbore & Egbunike, 2007) revelou que a ingestão crônica de dietas contendo >5,0 ppm de FB1 reduziu a utilização de nutrientes nos suínos em crescimento. A digestibilidade de proteína bruta foi significativamente ($p < 0,05$) menor na dieta com doses crescentes de FB1 (quatro dietas contendo 0,2, 5,0, 10,0 e 15,0 ppm foram testadas). Uma digestibilidade de nutrientes significativamente menor sugere efeitos adversos da FB1 nas funções intestinais em relação à absorção de nutrientes pelo animal.

Outros sistemas afetados por fumonisinas

Em suínos, não são somente o fígado, os pulmões e o trato intestinal que são afetados pelas fumonisinas. Os efeitos das fumonisinas podem ser também observados no pâncreas (Harrison et al., 1990), no coração (Casteel et al., 1994), no rim (Colvin et al., 1993) e no esôfago (Casteel et al., 1993). Stoev et al., (2012) que relataram que a ingestão de FB1 induziu um aumento na permeabilidade dos vasos especialmente nos pulmões, mas também no cérebro, cerebelo e nos rins, com uma alteração degenerativa de leve a moderada nos rins. Gbore (2010) descobriu que dietas contendo 5,0 ppm de FB1, ou mais ($p < 0,05$), alterou significativamente as atividades de certas regiões cerebrais e hipofisiárias nos animais. A exposição à FB1 na dieta a uma concentração de aproximadamente 5,0 ppm ou mais por um



período de seis meses implica um risco em potencial à saúde que pode induzir a respostas fisiológicas adversas resultando em neuroquímica alterada do cérebro nos suínos em crescimento.

Além disso, evidências conhecidas da toxicidade e carcinogenicidade levaram à conclusão de que as fumonisinas também interferem na utilização de ácido fólico. A FB1 reduz a captação de folato em diferentes linhas da célula. A deficiência de folato resultante pode explicar a associação da exposição à FB1 com defeitos tubo neurais (Carratu *et al.*, 2003). Em mulheres grávidas, a exposição à fumonisina aumenta o risco de defeitos no tubo neural do embrião (Missmer *et al.*, 2009).

Bioquímica sanguínea

Um nível de 2,8 µm de FB1 (37 – 44 ppm na ração dependendo do consumo) levou a um aumento na albumina, concentração total de proteína, colesterol, triglicérides, fibrinogênio, gama-glutamil transferase (GGT) após sete e 14 dias de exposição (Grenier *et al.*, 2012). Esse dado confirma o aumento no soro GGT e GOT bem como no colesterol que foi observado anteriormente com 30 ppm FB1 (Piva *et al.*, 2005). Em outro estudo, observou-se que 1 mg de fumonisina/kg do peso corporal elevou o conteúdo de fosfatase alcalina (AKLP) e aspartato aminotransferase (AST) nos soros do sangue dos leitões alimentados com dieta contaminada com fumonisina por oito semanas (Zomborszky-Kovacs *et al.*, 2002). Em outro estudo, somente 1 ppm de FB1 administrado a suínos em crescimento e terminação causou taxas de colesterol elevadas no abatimento (Rotter *et al.*, 1997). Hipercolesterolemia tende a ser um dos primeiros sinais patológicos clínicos em suínos consumindo dietas contaminadas com fumonisina (Rotter *et al.*, 1996; Piva *et al.*, 2005; Dilkin *et al.*, 2010; Grenier *et al.*, 2012). Em um estudo com leitões de cinco semanas de idade que receberam 6 ppm de fumonisinas (FB1 + FB2), os níveis de creatinina foram mais altos quando comparados aos do grupo controle (Grenier *et al.*, 2011). Aumentos na creatinina sérica, ureia e na atividade enzimática do aspartato aminotransferase/alanina aminotransferase (indicaram danos nos rins e no fígado) e diminuição no colesterol sérico, proteína total, albumina e glucose foram observados em suínos expostos simultaneamente à FB1 e à OTA, resultando ainda em mais lesões no fígado (Stoev, 2011).

Bibliografia

Bacon, C. W. & J. W. Williamson (1992) Interactions of *Fusarium moniliforme*, its metabolites and bacteria with corn. *Mycopathologia*, 117, 65-71.

Bezuidenhout, S. C., W. C. A. Gelderblom, C. P. Gorst-Allman, R. M. Horak, W. F. O. Marasas, G. Spiteller & R. Vleggaar (1988) Structure elucidation of the fumonisins, mycotoxins from *Fusarium moniliforme* *J.Chem.Soc.Chem.Commun*, 743-745.

Bouhet, S., D. E. Le, S. Peres, J. M. Fairbrother & I. P. Oswald (2006) Mycotoxin fumonisin B₁ selectively down-regulates the basal IL-7 expression in pig intestine: *in vivo* and *in vitro* studies. *Food Chem. Toxicol.*, 44, 1768-1773.

Bouhet, S. & I. P. Oswald (2005) The effects of mycotoxins, fungal food contaminants, on the intestinal epithelial cell-derived innate immune response. *Vet Immunol Immunopathol*, 108, 199-209.



- Bouhet, S. & I. P. Oswald (2007)** The intestine as a possible target for fumonisin toxicity. *Mol.Nutr.Food Res*, 51, 925-31.
- Bouhet, S., E. Hourcade, N. Loiseau, A. Fikry, S. Martinez, M. Roselli, P. Galtier, E. Mengheri & I. P. Oswald (2004)** The mycotoxin fumonisinB₁ alters the proliferation and the barrier function of porcine intestinal epithelial cells. *Toxicological Sciences*, 77, 165-171.
- Bracarense, A. P., J. Luciola, B. Grenier, G. Drociunas Pacheco, W.D. Moll, G. Schatzmayr & I. P. Oswald (2011)** Chronic ingestion of deoxynivalenol and fumonisin, alone or in interaction, induces morphological and immunological changes in the intestine of piglets. *Br J Nutr*, 107, 1776-86.
- Carratu, M. R., T. Cassano, A. Coluccia, P. Borracci & V. Cuomo (2003)** Antinutritional effects of fumonisin B₁ and pathophysiological consequences. *Toxicol Lett*, 140-141, 459-63.
- Casteel, S. W., J. R. Turk & G. E. Rottinghaus (1994)** Chronic effects of dietary fumonisin on the heart and pulmonary vasculature of swine. *Fundam Appl Toxicol*, 23, 518-24.
- Casteel, S. W., J. R. Turk, R. P. Cowart & G. E. Rottinghaus (1993)** Chronic toxicity of fumonisin in weanling pigs. *J Vet Diagn Invest*, 5, 413-7.
- Colvin, B. M. & L. R. Harrison (1992)** Fumonisin-induced pulmonary edema and hydrothorax in swine. *Mycopathologia*, 117, 79-82.
- Colvin, B. M., A. J. Cooley & R. W. Beaver (1993)** Fumonisin toxicosis in swine: clinical and pathologic findings. *J Vet Diagn Invest*, 5, 232-41.
- Constable, P. D., G. W. Smith, G. E. Rottinghaus & W. M. Haschek (2000)** Ingestion of fumonisin B₁-containing culture material decreases cardiac contractility and mechanical efficiency in swine. *Toxicol Appl Pharmacol*, 162, 151-60.
- Constable, P. D., G. W. Smith, G. E. Rottinghaus, M. E. Tumbleson & W. M. Haschek (2003)** Fumonisin-induced blockade of ceramide synthase in sphingolipid biosynthetic pathway alters aortic input impedance spectrum of pigs. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 284, H2034-44.
- Dilkin, P., G. Direito, M. M. Simas, C. A. Mallmann & B. Correa (2010)** Toxicokinetics and toxicological effects of single oral dose of fumonisin B₁ containing *Fusarium verticillioides* culture material in weaned piglets *Chem Biol Interact*, 185, 157-62.
- Gbore, F. A. & G. N. Egbunike (2007)** Influence of dietary fumonisin B₁ on nutrient utilization by growing pigs. *Livestock Research for Rural Development*, 19.
- Gelderblom, W. C., K. Jaskiewicz, W. F. Marasas, P. G. Thiel, R. M. Horak, R. Vleggaar & N. P. Kriek (1988)** Fumonisin--novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 54, 1806-1811.
- Grenier, B. and T. J. Applegate (2013)** Modulation of Intestinal Functions Following Mycotoxin Ingestion: Meta-Analysis of Published Experiments in Animals. *Toxins* 5(2), 396-430.
- Grenier, B., A. P. Loureiro-Bracarense, J. Luciola, G. D. Pacheco, A.M. Cossalter, W. D. Moll, G. Schatzmayr & I. P. Oswald (2011)** Individual and combined effects of subclinical doses of deoxynivalenol and fumonisins in piglets. *Molecular nutrition & food research*, 55, 761-71.
- Gumprecht, L. A., V. R. Beasley, R. M. Weigel, H. M. Parker, M. E. Tumbleson, C. W. Bacon, F. I. Meredith & W. M. Haschek (1998)** Development of fumonisin-induced hepatotoxicity and pulmonary edema in orally dosed swine: morphological and biochemical alterations. *Toxicol Pathol*, 26, 777-88.
- Harrison, L. R., B. M. Colvin, J. T. Greene, L. E. Newman & J. R. Cole, Jr. (1990)** Pulmonary edema and hydrothorax in swine produced by fumonisin B₁, a toxic metabolite of *Fusarium moniliforme*. *J.Vet.Diagn.Invest*, 2, 217-221.



- Harrison, L. R., B. M. Colvin, J. T. Greene, L. E. Newman & J. R. Cole, Jr. (1990)** Pulmonary edema and hydrothorax in swine produced by fumonisin B₁, a toxic metabolite of *Fusarium moniliforme*. *J.Vet.Diagn.Invest*, 2, 217-221.
- Haschek, W. M., G. Motelin, D. K. Ness, K. S. Harlin, W. F. Hall, R. F. Vesonder, R. E. Peterson & V. R. Beasley (1992)** Characterization of fumonisin toxicity in orally and intravenously dosed swine. *Mycopathologia*, 117, 83-96.
- Haschek, W. M., L. A. Gumprecht, G. Smith, M. E. Tumbleson & P. D. Constable (2001)** Fumonisin toxicosis in swine: an overview of porcine pulmonary edema and current perspectives. *Environmental Health Perspectives*, 109, 251-257.
- Haschek, W. M., L. A. Gumprecht, G. W. Smith, H. M. Parker, V. R. Beasley & M. E. Tumbleson. (1996)** Effects of fumonisins in swine. In *Advances in swine biomedical research*, 99-112. New York: Plenum Press.
- Lalles, J. P., M. Lessard, I. P. Oswald & J. C. David (2010)** Consumption of fumonisin B₁ for 9 days induces stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs. *Toxicon*, 55, 244-9.
- Marasas, W. F. (2001)** Discovery and occurrence of the fumonisins: a historical perspective. *Environmental Health Perspectives*, 109, 239-243.
- Merrill, A. H., Jr., M. C. Sullards, E. Wang, K. A. Voss & R. T. Riley (2001a)** Sphingolipid metabolism: roles in signal transduction and disruption by fumonisins. *Environ. Health Perspect.*, 109 Suppl 2, 283-289.
- Missmer, S.A., L. Suarez, M. Felkner, E. Wang, A. H. Merrill Jr., K.J. Rothman & K. A. Hendricks (2006)** Exposure to Fumonisin and the Occurrence of Neural Tube Defects along the Texas–Mexico Border. *Environmental Health Perspectives*, 114, 237-241.
- Motelin, G. K., W. M. Haschek, D. K. Ness, W. F. Hall, K. S. Harlin, D. J. Schaeffer & V. R. Beasley (1994)** Temporal and dose-response features in swine fed corn screenings contaminated with fumonisin mycotoxins. *Mycopathologia*, 126, 27-40.
- Oswiler, G. D., P. F. Ross, T. M. Wilson, P. E. Nelson, S. T. Witte, T.L. Carson, L. G. Rice & H. A. Nelson (1992)** Characterization of an epizootic of pulmonary edema in swine associated with fumonisin in corn screenings. *J Vet Diagn Invest*, 4, 53-9.
- Piva, A., G. Casadei, G. Pagliuca, E. Cabassi, F. Galvano, M. Solfrizzo, R. T. Riley & D. E. Diaz (2005)** Activated carbon does not prevent the toxicity of culture material containing fumonisin B₁ when fed to weanling piglets. *J.Anim Sci.*, 83, 1939-1947.
- Prelusky, D. B., J. D. Miller & H. L. Trenholm (1996a)** Disposition of 14C-derived residues in tissues of pigs fed radiolabelled fumonisin B₁. *Food Addit Contam*, 13, 155-62.
- Ross, P. F., L. G. Rice, G. D. Oswiler, P. E. Nelson, J. L. Richard & T. M. Wilson (1992)** A review and update of animal toxicoses associated with fumonisin-contaminated feeds and production of fumonisins by *Fusarium* isolates. *Mycopathologia*, 117, 109-114.
- Smith, G. W., P. D. Constable, M. E. Tumbleson, G. E. Rottinghaus & W. M. Haschek (1999)** Sequence of cardiovascular changes leading to pulmonary edema in swine fed culture material containing fumonisin. *Am J Vet Res*, 60, 1292-300.
- Stoev, S. D., D. Gundasheva, I. Zarkov, T. Mircheva, D. Zapryanova, S. Denev, Y. Mitev, H. Daskalov, M. Dutton, M. Mwanza & Y. J. Schneider (2012)** Experimental mycotoxic nephropathy in pigs provoked by a mouldy diet containing ochratoxin A and fumonisin B₁. *Exp Toxicol Pathol*, 64, 733-41
- Voss, K. A., G. W. Smith & W. M. Haschek (2007)** Fumonisin: Toxicokinetics, mechanism of action and toxicity. *Anim.Feed Sci.Technol.*, 137, 299-325.



Zomborszky-Kovacs, M., F. Vetesi, F. Kovacs, A. Bata, A. Toth & G. Tornyos (2000) Preliminary communication: examination of the harmful effect to fetuses of fumonisin B₁ in pregnant sows. *Teratog Carcinog Mutagen*, 20, 293-9.

Zomborszky-Kovacs, M., F. Vetesi, P. Horn, I. Repa & F. Kovacs (2002) Effects of prolonged exposure to low-dose fumonisin B₁ in pigs. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*, 49, 197-201.



PREVALÊNCIA DAS MICOTOXINAS NO BRASIL E IMPACTO SOBRE A PRODUÇÃO

Carlos A. Mallmann¹, Paulo Dilkin², Adriano O. Mallmann³ e Vinicius Duarte³

¹Prof. Titular, Dr., coordenador do Laboratório de Análises Micotoxicológicas - LAMIC, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva - DMVP, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, mallmann@lamic.ufsm.br

²Prof. Adjunto, Dr., pesquisador do LAMIC, DMVP, UFSM

³Médico Veterinário, MSc., doutorando do LAMIC, Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária, UFSM

Introdução

Micotoxinas são substâncias tóxicas resultantes do metabolismo secundário de diversas cepas de fungos filamentosos. São compostos orgânicos de baixo peso molecular e não possuem imunogenicidade. Em climas tropicais e subtropicais, como o brasileiro, o desenvolvimento fúngico é favorecido por fatores como excelentes condições de umidade e temperatura. Os fungos crescem e se proliferam bem em cereais, especialmente amendoim, milho, trigo, cevada, sorgo e arroz, onde encontram um substrato altamente nutritivo para o seu desenvolvimento. O crescimento fúngico e a produção de micotoxinas em cereais podem ocorrer nas diversas fases do desenvolvimento, maturação, colheita, transporte, processamento ou armazenamento dos grãos. Por isso, a redução da umidade dos cereais através da secagem é de fundamental importância para reduzir os níveis de contaminação.

Mais de quinhentas micotoxinas conhecidas atualmente são produzidas por aproximadamente uma centena de fungos. As principais micotoxinas podem ser divididas em três grupos: as aflatoxinas, produzidas por fungos do gênero *Aspergillus* como *A. flavus* e *A. parasiticus*; as ocratoxinas, produzidas pelo *Aspergillus ochraceus* e diversas espécies do gênero *Penicillium*; e as fusariotoxinas, que possuem como principais representantes os tricotecenos, zearalenona e as fumonisinas, produzidas por diversas espécies do gênero *Fusarium*.

Os efeitos da ingestão de micotoxinas se devem às suas diferentes estruturas químicas, influenciados pelo fato de serem ingeridas por diferentes organismos animais superiores e também pela diversidade de espécies, raça, sexo, idade, fatores ambientais, manejo, condições nutricionais e outras substâncias químicas. A micotoxicose implica em enormes prejuízos de ordem econômica, sanitária e comercial, principalmente por suas propriedades anabolizantes, estrogênicas, carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas. Porém, o maior problema das micotoxicoses diz respeito aos prejuízos relacionados aos diversos órgãos e sistemas dos animais, implicando na diminuição de seu desempenho produtivo.

As manifestações agudas ocorrem quando os indivíduos consomem doses moderadas a altas de micotoxinas. Podem aparecer sinais clínicos, sintomas e um quadro patológico específico, dependendo da micotoxina ingerida, da susceptibilidade da espécie, das condições individuais do organismo e da interação ou não com outros fatores. As lesões são dependentes de cada micotoxina, porém as mais frequentes são as hepatites, hemorragias, nefrites, necrose das mucosas digestivas e morte.



A micotoxicose crônica é a mais frequente e ocorre quando existe um consumo de doses moderadas a baixas. Nestes casos, os animais apresentam um quadro caracterizado pela redução da eficiência reprodutiva, diminuição da conversão alimentar, da taxa de crescimento e do ganho de peso. Este quadro somente é detectado com cuidados especiais ou através de um programa de análise de micotoxinas presentes na alimentação. Os sinais clínicos ainda podem ser confundidos com deficiências de manejo, com outras doenças, inclusive as decorrentes desta micotoxicose, ou com deficiências nutricionais. Existem poucas estatísticas precisas com relação à incidência de micotoxicoses. Porém, há um consenso de que o perigo oculto (intoxicações crônicas) é responsável pela maior parcela de perdas nos meios criatórios.

Prevalência das principais micotoxinas

Os resultados das avaliações laboratoriais realizadas nos últimos 10 anos pelo Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC) e Instituto de Soluções Analíticas, Microbiológicas e Tecnológicas (SAMITEC), para as quatro principais micotoxinas de ocorrência no Brasil (aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona e deoxinivalenol), em amostras dos principais cereais e seus subprodutos utilizados na nutrição de suínos (milho, trigo, arroz, sorgo, farelo de soja, farelo de trigo, farelo de arroz e ração) estão disponíveis na Tabela 1. Ainda no mesmo período, constatou-se que 58% das amostras analisadas estavam contaminadas por pelo menos uma micotoxina.

Tabela 1. Contaminação média, contaminação média das amostras positivas, positividade e Risco Micotoxinas médio de amostras de cereais e seus subprodutos, silagem e ração utilizados na nutrição animal, analisadas no LAMIC e Instituto SAMITEC nos últimos 10 anos.

	Micotoxina	Milho	Trigo	Arroz	Sorgo	Farelo de soja	Farelo de trigo	Farelo de arroz	Ração	Média
AFLA ¹	Média (ppb)	9	0,1	0,4	1,5	0,3	0,3	0,5	8,6	7,7
	Média positivas (ppb)	19	3,1	3,5	10,2	1,4	4,1	4,3	20,5	18,9
	Positividade (%)	47	3	11	15	20	8	11	42	41
FUM ²	Média (ppb)	1.990	69	127	183	144	207	76	1.466	1.590
	Média positivas (ppb)	2.454	1.068	722	667	1.223	1.152	569	1.765	2.173
	Positividade (%)	81	6	18	27	12	18	13	83	73
ZEA ³	Média (ppb)	91	128	43	289	9	146	187	77	93
	Média positivas (ppb)	180	453	100	858	50	230	265	133	182
	Positividade (%)	50	28	43	34	19	63	71	57	51
DON ⁴	Média (ppb)	78	577	17	80	30	736	68	114	250
	Média positivas (ppb)	367	872	393	508	436	896	560	356	647
	Positividade (%)	21	66	4	16	7	82	12	32	39

¹AFLA: Aflatoxinas totais (B₁+B₂+G₁+G₂).

²FUM: Fumonisinas (B₁+B₂).

³ZEA: Zearalenona.

⁴DON: Deoxinivalenol (vomitoxina).



A contaminação por uma ou mais micotoxinas dependem de vários fatores, dentre eles o clima tem forte influência. Em anos chuvosos, onde a colheita dos grãos é dificultada pelo excesso de umidade, há maiores tendências de altas contaminações. A utilização do plantio direto proporciona o aumento do inóculo fúngico, que se concentra no solo e na palhada, protegido da radiação solar. A monocultura também influencia a ocorrência de micotoxinas, pois não havendo rotação de culturas não há quebra no ciclo de vida dos fungos, aumentando, assim, a pressão contaminante e conseqüente aumento da produção de micotoxinas. A escolha de cultivares mais resistentes à contaminação por micotoxinas é uma alternativa de alta viabilidade econômica e em breve será bonificada pela indústria do setor de produção animal. A utilização de fungicidas é tema frequente de pesquisas, especialmente com trigo, e reduz a contaminação por zearalenona e deoxinivalenol. Controle de pragas, na lavoura e na armazenagem, é imprescindível para manter a sanidade dos grãos. Condições de armazenamento, com grãos estocados com atividade de água (Aw) menor que 0,69, controle da temperatura e aeração eficientes, garante que não haja crescimento fúngico e produção de micotoxinas durante o período de estocagem dos grãos.

Micotoxinas e seus efeitos em suínos

A diversidade dos efeitos tóxicos deve-se às diferentes estruturas químicas das micotoxinas, influenciados pelo fato de serem ingeridas por diferentes espécies animais, raça, sexo, idade, fatores ambientais, condições nutricionais e presença de outras substâncias químicas (Tabela 2).

Tabela 2. Principais micotoxinas, espécies mais afetadas e principais sinais clínicos e lesões.

Micotoxina	Espécies mais afetadas	Principais sinais clínicos e lesões
Aflatoxinas	Todas	Diminuição da imunidade, ganho de peso, desordens digestivas, hepatopatias, anorexia, ataxia, tremores e morte
Zearalenona	Suínos	Síndrome de hiperestrogenismo (vulvovaginite), <i>splayleg</i> em leitões recém nascidos
Fumonisinás	Equinos e suínos	Leucoencefalomalácia equina. Edema pulmonar suíno
Tricotecenos	Monogástricos	Redução da ingestão de alimentos, desordens digestivas, ulcerações de mucosas, vômitos e hemorragias viscerais
Ocratoxina A	Suínos e homem	Nefropatias e imunossupressão

Aflatoxinas

As aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂, presentes em aproximadamente 38% das rações suinícolas, são responsáveis pela micotoxicose suína. Esta micotoxicose é a mais importante do ponto de vista clínico e econômico, representando uma condição extremamente grave para a saúde animal. A contaminação média em cereais é de 18 µg/kg, podendo ser encontradas amostras de milho com até 17 mg/kg, valor correspondendo a 850 vezes o limite permitido pela legislação brasileira para esta micotoxina em produtos agrícolas. A LD50 das aflatoxinas para suínos é muito baixa, equivalente a 0,6 mg/kg e o limite máximo de segurança é de 5 µg/kg de alimento.



As aflatoxinas atuam principalmente no fígado, onde são biotransformadas. A aflatoxina B₁ pode ser transformada em aflatoxicol, que é um reservatório metabólico desta toxina. Por sua vez, a epoxidação da aflatoxina transforma-a em um radical de alta covalência, o que determina sua ligação com ácidos nucleicos. Isto explica a possibilidade de serem produzidas alterações genéticas, conferindo a esta micotoxina características carcinogênicas. Por hidroxilação, a aflatoxina B₁ é biotransformada em alfatoxina M₁. Esta, por sua vez, pode intoxicar leitões lactantes, pois é principalmente eliminada pelo leite. A hidratação das aflatoxinas no fígado produz a aflatoxina B₂-Alfa, que interfere diretamente na síntese de proteínas, provocando quadros de imunossupressão, interferência na coagulação sanguínea e às demais consequências das alterações provocadas por estas falhas no metabolismo.

Os sinais clínicos da aflatoxicose aguda podem ser percebidos 6 horas após a ingestão do alimento contaminado, através de severa depressão, inapetência, presença de sangue nas fezes, tremores musculares, incoordenação motora com hipertermia (até 41°C), podendo a morte ocorrer nas 12-24 horas seguintes. Nas intoxicações subagudas, os sinais clínicos são de evolução mais lenta, observando-se cerdas eriçadas, hiporexia, letargia e depressão. Paralelamente, os animais podem apresentar aspecto ictérico, encontram-se desidratados e emaciados, com áreas de coloração vermelho púrpura na pele, além de perda progressiva de peso. A intoxicação crônica manifesta-se com a diminuição no ganho de peso e conversão alimentar, inapetência, má aparência geral e, por vezes, diarreias. Com a progressão para os estágios finais, ocorrem frequentemente sinais de ataxia, icterícia e, às vezes, convulsões.

Quando a micotoxina é ingerida em níveis mais elevados, o fígado apresenta degeneração gordurosa, necrose lobular com incremento de células basofílicas na periferia do lóbulo, proliferação dos ductos biliares e cirrose. A icterícia da carcaça, associada ao fígado edemaciado e amarelado, são indicativos muito fortes de intoxicação. A vesícula biliar pode estar edemaciada e o fígado friável e hiperêmico, principalmente nos casos de intoxicação aguda. Também ocorre aumento do tempo de coagulação sanguínea, podendo ser observadas coleções líquidas sanguinolentas nas cavidades, bem como em mucosas e hemorragias em massas musculares.

As aflatoxinas frequentemente estão envolvidas em distúrbios reprodutivos em suínos. Um dos sinais clínicos mais observados na intoxicação de porcas gestantes por aflatoxinas é o aborto. Isso ocorre pela alta sensibilidade dos fetos às aflatoxinas e seus produtos de biotransformação. No entanto, essas micotoxinas também são relacionadas a distúrbios no processo da gametogênese, tanto do óvulo quanto dos espermatozoides. O mecanismo consiste basicamente na inibição parcial da formação de enzimas e proteínas envolvidas no processo. Por isso, a viabilidade e a quantidade de óvulos e espermatozoides, bem como a quantidade do ejaculado, são comprometidos.

Zearalenona

A zearalenona (ZEA) ocorre em praticamente todos os cereais, especialmente em culturas de inverno contaminadas por fungos do gênero *Fusarium*. A contaminação natural ocorre em cevada, milho, sorgo, aveia e rações produzidas com estes produtos. Avaliações da contaminação por ZEA apontaram positividade próxima de 30%. A concentração média de ZEA encontrada foi de 95 µg/kg e o nível máximo detectado foi de 9,7 mg/kg. A ação desta toxina se dá pelo estímulo aos receptores



estrogênicos citoplasmáticos, incrementando a síntese protéica no aparelho reprodutor. Consequentemente, a secreção das células endometriais, síntese das proteínas uterinas e o peso do trato reprodutivo são aumentados. Estas alterações podem levar à pseudogestação pela manutenção de corpo lúteo, levando a quadros caracterizados por vulvovaginite, leitões fracos e natimortos e, muitas vezes, a um quadro de splayleg. Também se pode observar redução significativa nas taxas de concepção, acompanhadas de repetição de cio. A intoxicação mimetiza o estro e os leitões recém-nascidos podem apresentar sinais clínicos caracterizados como vulvovaginite infantil.

Em machos jovens a zearalenona causa feminização, incluindo edema de pré-púcio, atrofia testicular e aumento da glândula mamária. Porém, estas alterações aparentemente não provocam efeitos sobre a capacidade reprodutiva, quando adulto. Em cachaaos, a redução da libido, bem como uma discreta redução sobre a qualidade espermática pode ser observada.

Ocratoxinas

As ocratoxinas (OTA), são produzidas por fungos gênero *Penicillium* e *Aspergillus*, cujo desenvolvimento é otimizado em temperaturas entre 5 e 24°C. A incidência da OTA é baixa no hemisfério Sul (inferior a 5%), ficando praticamente restrita ao hemisfério Norte, com índices de contaminação 10 vezes superiores. A alteração da filtração glomerular e danos na função dos túbulos contornados proximais são as principais lesões da intoxicação por OTA, levando à perda da capacidade de concentração urinária. A ocratoxicose em suínos traduz-se por uma intoxicação que cursa com diminuição do ganho de peso, sinais clínicos caracterizados por polidipsia e poliúria, além de lesões renais. Doses de 200 µg/kg de OTA na ração foram suficientes para desencadear nefropatias, provocando reflexos negativos sobre a conversão alimentar e o ganho de peso, sendo que a mortalidade pode chegar a 90% nos lotes afetados.

Fumonisinias

As fumonisinias pertencem a um grande grupo de micotoxinas produzidas por fungos do gênero *Fusarium*, contaminantes naturais de cereais, principalmente o milho e subprodutos. A ocorrência de fumonisinina B₁ em alimentos produzidos no Brasil já foi descrita por diversos pesquisadores, com positividade próxima de 90% e níveis de até 300 mg/kg de alimento. A fumonisinina B₁ é o metabólito mais abundante deste grupo de micotoxinas, representando cerca de 70% nos alimentos naturalmente contaminados. As fumonisinias B₂ e B₃ ocorrem em menores concentrações.

Os suínos apresentam alta sensibilidade às fumonisinias, suportando apenas concentrações inferiores a 10 mg/kg de alimento. Tal constatação tem sido observada em diversos surtos naturais e experimentais. Nos suínos, os principais órgãos alvo são o pulmão, fígado e coração, sendo que a síndrome específica nessa espécie é o Edema Pulmonar Suíno, geralmente com hidrotórax. Tal alteração é decorrente da ingestão de altas doses da micotoxina por curtos períodos. Os maiores prejuízos são decorrentes da ingestão de doses baixas da micotoxina, que induzem lesões hepáticas e lesões hiperplásicas na mucosa esofágica de suínos desmamados. Nestes casos pode-se observar principalmente a diminuição do ganho de peso



dos suínos. Em porcas gestantes, as fumonisinas induzem o menor desenvolvimento dos fetos e anomalias que são observadas nos leitões ao nascimento, tais como aumento do peso dos pulmões, edema pulmonar e distúrbios respiratórios.

Tricotecenos

Os tricotecenos (TCT) formam um grupo químico de metabólitos fúngicos com a mesma estrutura básica, produzidos principalmente por fungos do gênero *Fusarium* como *F. graminearum* e *F. tricinctum*. Os TCT conhecidos somam mais de uma centena. De acordo com a estrutura molecular, são divididos em dois grandes grupos: os de cadeia simples e os macrocíclicos. Apenas algumas apresentam importância econômica no Brasil, sendo o deoxinivalenol (vomitoxina ou DON) e a toxina T-2 os principais representantes. A ocorrência de TCT é significativa em culturas de inverno como trigo, cevada, aveia, arroz e centeio, cultivadas em baixas temperaturas, variando entre 6 e 24°C. As concentrações de DON frequentemente limitam-se entre 0,1 a 41,6 mg/kg com média de 2,4 até 4 mg/kg. Níveis de contaminação natural de DON, DAS, T-2 e NIV geralmente alcançam até 10 mg/kg, apresentando níveis de 15-40 mg/kg apenas excepcionalmente. Mundialmente, DON é o contaminante de cereais mais comuns, acompanhado em certas regiões por nivalenol (NIV), podendo ocorrer a presença concomitante de outros TCT e outras toxinas de fungos do gênero *Fusarium* no mesmo lote de cereais.

Suínos e outros monogástricos apresentam a maior sensibilidade aos TCT, seguidos pelas aves. O NIV e DON provocam recusa de alimentos e perda de peso. Apresentam toxicidades similares e um nível combinado menor que 0,4 mg/kg é descrito como aceitável para suínos, os quais são relativamente susceptíveis, enquanto mais de 2,0 mg/kg é sempre inaceitável.

Os TCT atuam inibindo a enzima peptil transferase e conseqüentemente diminuindo a síntese proteica, o que afeta principalmente células em divisão ativa, como as do trato gastrointestinal, pele, células linfóides, eritróides e órgãos vitais. Os tricotecenos são imunossupressores e também estão associados a hemorragias, uma vez que o tempo da protrombina é aumentado significativamente. Porém, o fator primário da hemorragia ocorre pela diminuição do fator VII da coagulação sanguínea.

As intoxicações por TCT provocam recusa de alimentos, vômito, redução da conversão alimentar e diarreia. A síndrome sanguinolenta, produzida pela toxina T2, se caracteriza pela ocorrência de dermatites, abortamentos, distúrbios nervosos, hemorragias gástricas e viscerais. Todos os TCT podem ser agudamente letais. Porém, os maiores problemas tendem a ser as toxicoses subagudas chegando à cronicidade, as quais causam efeitos inespecíficos associados ao mau desempenho produtivo do animal. Lesões macroscópicas após a necropsia nem sempre são evidentes, embora possam ser observados aumento do volume do fígado, hemorragia em linfonodos e erosões no estômago e intestinos. Os tricotecenos formam um grupo de micotoxinas que também afetam a reprodução dos suínos. Por atuarem principalmente em células de rápida replicação, a toxina T2, diacetoxiscirpenol e deoxinivalenol atuam principalmente na gametogênese e desenvolvimento folicular, diminuindo a viabilidade folicular e a produção de espermatozóides.



Gerenciamento das micotoxinas

O gerenciamento das micotoxinas envolve os procedimentos de amostragem, diagnóstico, interpretação dos resultados e tomada de decisão sobre a utilização de Aditivos Antimicotoxinas (AAM).

A presença de micotoxinas em matérias-primas não é homogênea, estando na maioria das vezes em menos de 0,001% dos grãos. Concentração de partes por bilhão (ppb) em uma matriz como o milho representam o equivalente ao peso de um grão em uma massa total de aproximadamente 350 toneladas. Essas constatações, por si só, caracterizam um problema praticamente insolúvel no diagnóstico preciso de micotoxinas. Portanto, os procedimentos usuais empregados no recebimento de cereais e na indústria de processamento de rações levam uma determinação de micotoxinas com um grau de incerteza significativo.

Como as decisões sobre o destino e medidas de controle das micotoxinas basear-se-ão em resultados de análises, a amostragem representa o passo mais crítico do processo e deve ser tratada com um grau de cuidado maior do que utilizado para, por exemplo, amostras destinadas a avaliações de umidade. A seguir são descritos alguns pontos da colheita e recebimento dos grãos até o processo de produção de alimentos em que a amostragem poderá ser efetuada.

Pontos de amostragem

A coleta das amostras poderá ser realizada preferencialmente nos pontos seguintes:

- **Na colheita:** a amostragem neste momento apresenta como vantagem a obtenção de uma informação antecipada e que permite decisões quanto ao destino dos cereais. A necessidade de metodologias analíticas de detecção ultrarrápidas inviabiliza sua utilização, com exceção dos produtos com alto valor agregado, os quais na maioria das vezes não são as matérias-primas utilizadas na alimentação animal.
- **Unidades de recebimento de grãos:** o uso de caladores como o trado manual, em primeira instância, é a forma mais utilizada para a amostragem na maioria das pequenas unidades. É fundamental que se colete no mínimo oito pontos para caminhões truck e 10 pontos para carretas, distribuídos uniformemente na carga, totalizando um volume de amostra por lote em kg = $\sqrt{20 \times \text{toneladas do lote}}$, que deve ser seguida em todos os processos descritos neste resumo. O uso de caladores pneumáticos deve seguir as mesmas disposições. Ambos apresentam certas limitações pela dificuldade de obter a massa recomendada pela fórmula, mas são os sistemas mais utilizados. Todos esses aspectos relacionados à coleta das amostras, sempre devem ser levados em consideração na interpretação dos resultados.
- **Plataformas de descarga:** a coleta das amostras durante a descarga da matéria-prima tem como vantagens a rapidez e principalmente uma melhor uniformidade, visto que a coleta ocorre enquanto o material está em movimento. Como vários lotes do cereal são descarregados na mesma moega, fica bastante difícil segregar adequadamente para a matéria-prima, caso haja alguma contaminação. Normalmente, em períodos de safra, o grande número de cargas torna o processo oneroso. No entanto, com uma sequência de amostras é possível obter-se a contaminação média do material que irá compor o silo.



- **Amostragem em unidades armazenadoras de grãos:** pode-se realizar uma amostragem dos silos com a utilização de sonda pneumática, através da qual são coletadas amostras de todo perfil do silo. Atualmente pesquisas estão sendo desenvolvidas nesta área, pois amostragem nesse ponto fornece informações antecipadas, possibilitando melhor destinação da matéria-prima e ajuste da sua matriz nutricional.
- **Transporte interno:** a movimentação das matérias-primas dentro dos sistemas de processamento (caracóis, *redler* e cintas transportadoras) promovem uma homogeneização do material, permitindo a colheita de amostras que levam a uma avaliação mais precisa das micotoxinas. Amostrar os grãos inteiros muitas vezes é mais fácil, porém a representatividade da amostra é incrementada quando os grãos forem previamente moídos, pois a moagem faz com que um grão se fragmente em várias partículas, que acabam se dispersando e tornando a matéria-prima mais homogênea. Caso não seja possível a moagem prévia, recomenda-se que esta seja realizada na amostra global coletada, antes da sua redução para um volume menor que será destinado ao laboratório de análise. O sistema mais prático utilizado é conhecido popularmente como “furo na rosca”, o qual consiste em um orifício localizado em um ângulo de 45° no caracol. Esse sistema permite que pequenas porções de matéria-prima sejam colhidas durante o fluxo do material. Recomenda-se fazer o “furo na rosca” na etapa de transporte, onde a mistura está mais homogênea, ou antes, que ocorram etapas de segregação. Com a coleta da amostra nesse processo dinâmico e respeitando-se a fórmula anteriormente citada com a posterior moagem da amostra, (no caso de grãos inteiros) obtemos amostras com uma maior representatividade.
- **Amostragem de rações:** essa amostragem nos permite avaliar a real contaminação da ração destinada ao consumo, pois os processos de mistura conferem uma boa dispersão das partículas contaminadas, o que resulta em amostras com melhor representatividade. Assim, essa amostra é a que se aproxima mais da realidade para avaliação do Risco Micotoxinas. A sua utilização implica em dois fatores que devem ser criticamente avaliados. Somente os métodos analíticos que empregam a cromatografia líquida (HPLC) tem precisão suficiente para subsidiar uma tomada de decisões em um monitoramento de rações. Por outro lado, o resultado, na maioria das vezes, somente será obtido quando os animais já estiverem consumindo a dieta.
- **Amostragem no ponto de consumo:** para fins de monitoramento a colheita de amostras raramente é utilizada nesse ponto. A produção de uma fábrica de rações é distribuída em inúmeras propriedades resultando na inviabilidade de monitorar uma empresa desta forma. Recomenda-se o seu uso, apenas em casos com suspeitas de conservação inadequada ou longos períodos de estocagem.
- **Amostragem com suspeita clínica:** esse tipo de amostragem somente é realizada em casos de sinais clínicos compatíveis com alguma micotoxina, como diagnóstico complementar ou na análise forense. Essa última deverá ter alguns cuidados como: seguir um procedimento de amostragem, estarem presentes as partes envolvidas com testemunhas, armazenar e enviar dentro das condições ideais de conservação e utilizar um método de análise confiável como HPLC. A amostragem/análise nesse ponto na maioria das vezes torna-se desnecessária, pois está diretamente relacionada ao monitoramento frequente das matérias-primas.

Frequência de análises

Para a monitoria de micotoxinas a definição da frequência de análise tem o mesmo grau de importância que a amostragem descrita anteriormente. São necessário que se efetuem análises periódicas, considerando-se o volume de ração produzida, a heterogeneidade do material a ser amostrado, a sensibilidade da espécie, a faixa etária e a frequência em que os lotes de ração são produzidos. O RM pressu-



põe a construção de um histórico capaz de mostrar as tendências e pontos críticos. Portanto deve ser estabelecida uma frequência de pelo menos uma amostra diária. As amostras semanais (mínimo de cinco) serão utilizadas para estabelecer as médias de contaminação e os percentuais de positividade que serão empregadas no cálculo do RM.

Métodos de diagnóstico

As metodologias empregadas no monitoramento de micotoxinas são basicamente os kits ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) e o HPLC (High Performance Liquid Chromatography). A cromatografia de camada delgada, muito utilizada no passado, hoje está praticamente abandonada para o monitoramento de rotina. Já os Kits ELISA, têm como principal vantagem a possibilidade de realização da análise *in situ*, o baixo custo operacional e a facilidade de uso. No entanto, apenas resultados semi-quantitativos e restritos a matrizes simples como o milho são possíveis, limitando a segurança na tomada de decisões críticas. Já os métodos cromatográficos, como modernamente a cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS), fornecem um resultado seguro para a tomada de uma decisão. Evidentemente que para esse fim a metodologia deve ser acreditada pelas normativas internacionais da ISO 17.025. Uma metodologia inovadora para o diagnóstico de micotoxinas é a utilização do Near-Infrared Spectroscopy (NIR) conectado a um portal online que detém as equações de predição de micotoxinas desenvolvidas a partir de análises realizadas pela técnica de referência de LC-MS/MS. Por ser um método fácil, ágil e que dispensa utilização de reagentes, pipetas e demais processos, permite um monitoramento micotoxicológico em tempo real, que fornece informações sobre as matérias-primas que estão sendo armazenadas na empresa ou utilizadas na fabricação de rações.

Aplicação das informações

A obtenção dos resultados seguindo-se os passos de amostragem e análise permitem a formação de uma curva denominada “Risco Micotoxinas” (RM). O RM é um index para cada micotoxina, gerado pela multiplicação da intensidade da contaminação (média das amostras semanais em ppb), positividade (percentual de positividade da semana) e do fator de amostragem (que é avaliado *in loco* e varia conforme o plano de amostragem adotado), seguindo a fórmula: $RM = \text{média} * \% \text{positivas} * \text{fator de amostragem}$. Esse index determina o nível de pressão micotoxicológica ao qual todo o rebanho da empresa é submetido. O acompanhamento por um período não menor que seis meses permite a observação das inflexões no RM que se alteram conforme a positividade e contaminação média. Essas informações são utilizadas, por exemplo, para dar destino adequado ao produto final, uso de aditivos antimicotoxinas (AAM), *recall* de produtos, descarte do fator micotoxinas no diagnóstico dos problemas de desempenho, entre outros.



Avaliação da eficiência de aditivos antimicotoxinas (AAM)

Aditivos Antimicotoxinas (AAM) são produtos que diminuem os efeitos tóxicos das micotoxinas. A sua utilização se dá pela incorporação na dieta contaminada, com a finalidade de reduzir a absorção de toxinas e sua distribuição pelo sangue para os órgãos-alvo. Atuam como adsorventes, inativantes ou até mesmo produtos que favoreçam a biotransformação das micotoxinas. São amplamente utilizados na suinocultura mundial e sua comercialização vem crescendo nos últimos anos de forma surpreendente. A inclusão dos AAM na dieta geralmente gira em torno de 0,1 a 0,5% o que gera um custo considerável na formulação das rações.

A composição dos AAM é bem variada, são formados basicamente por aluminossilicatos (HSCA), por um mix de argilas, enzimas e leveduras ou até mesmo algum ingrediente ativo com características hepatoprotetoras. A constituição pode variar com o passar do tempo, conforme a origem de seus constituintes, processo de obtenção e manipulação. Visando a melhoria da qualidade dos AAM disponíveis no mercado brasileiro, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu em 2006 um Grupo de Trabalho sobre micotoxinas em produtos destinados à alimentação animal, formado por integrantes do MAPA e pesquisadores brasileiros da área de micotoxicologia. O grupo elaborou uma recomendação, contendo uma proposta para registro de AAM. Vários aspectos foram abordados, entre eles, a constituição química e os testes capazes de qualificar e quantificar a eficácia de um AAM. Portanto, para verificar a eficácia desses aditivos, é necessário que se façam avaliações rotineiras, utilizando ferramentas como teste de adsorção/inativação *in vitro*, colorimetria e experimentos *in vivo*, todos eles para comprovar a continuidade na eficiência do AAM.

Teste *in vitro*

É necessário estabelecer-se um teste *in vitro* para o controle de qualidade, o qual garantirá que o produto não tenha alterações significativas no processo de produção de diferentes lotes. No passado considerava-se este teste para avaliar a real eficiência de adsorção de um AAM frente à uma micotoxina específica, no entanto, pesquisas publicados na literatura e resultados de mais de 300 experimentos *in vivo* realizados pelo LAMIC e SAMITEC, demonstram não haver correlação significativa entre o teste *in vitro* e *in vivo*. A metodologia utilizada na avaliação *in vitro*, visa reproduzir as condições naturais que a micotoxina e o AAM encontram no trato digestório dos animais. Para isso, são produzidas soluções de suco gástrico, mimetizando as condições naturais do trato digestório, de pH 3 e suco intestinal de pH 6 conforme as recomendações da Pharmacopeia National Formulary [9], e adicionadas concentrações conhecidas de micotoxina e AAM. Posteriormente essas soluções são incubadas a temperaturas constantes com agitações periódicas. Para medir a ação do AAM, as soluções são submetidas à Espectrometria de Massas (LC-MS/MS), a qual permite quantificar a porcentagem de micotoxina que foi adsorvida e ou inativada pelo AAM.



Colorimetria

A colorimetria é amplamente utilizada em diversos setores industriais para monitorar a variação de cor dos seus produtos. Esta metodologia foi implementada na avaliação de AAM como mais uma ferramenta para o controle de qualidade dos produtos. A utilização de um colorímetro possibilita que a empresa produtora do AAM verifique uma possível alteração da cor padrão do produto, suspeitando dessa forma, de uma possível alteração na constituição do AAM. Sendo assim, a avaliação colorimétrica torna-se importante para avaliar a qualidade dos lotes de AAM e fornecer informações complementares aos demais testes de eficácia.

Teste *in vivo*

Esta metodologia de avaliação é específica para cada espécie animal e para cada micotoxina. Os testes *in vivo* necessitam ser conduzidos em unidades experimentais com isolamento térmico, controle de temperatura, qualidade do ar e fluxo controlado de pessoas. Os suínos são distribuídos basicamente em quatro tratamentos, conforme apresentado na Tabela 3. A utilização de, no mínimo quatro grupos, permite comparar se o AAM melhorou significativamente o desempenho dos animais que foram alimentados com ração contendo micotoxina e o AAM, quando comparados ao grupo que recebeu somente ração contendo a micotoxina, bem como comparar o desempenho do grupo controle com o grupo que recebeu somente AAM. As doses de micotoxinas utilizadas nas dietas experimentais foram previamente estabelecidas seguindo estudos presentes na literatura, recomendações do Grupo de Trabalho e experimentos realizados pelo LAMIC e SAMITEC. A dose de AAM é estabelecida pela empresa requisitante detentora do aditivo, a qual pode ainda requisitar a adição de mais tratamentos com diferentes doses de AAM, permitindo a formação de uma curva que informa a possibilidade de variação na porcentagem de inclusão.

Tabela 3. Distribuição dos tratamentos e inclusão de micotoxinas e AAM na dieta experimental de suínos.

Tratamento	Micotoxina	AAM (%)
1	Não	0,00
2	Não	0,50
3	Sim	0,00
4	Sim	0,50
5 (Opcional)	Sim	0,20
6 (Opcional)	Sim	0,40
.	.	.
.	.	.
.	.	.



Durante a execução da avaliação *in vivo*, os suínos são pesados semanalmente. São avaliados os parâmetros zootécnicos como, consumo de ração, conversão alimentar e mortalidade. Parâmetros adicionais são avaliados, dependendo da micotoxina utilizada no estudo. Por exemplo, se for zearalenona, é realizado um monitoramento do volume vulvar durante todo experimento, e após o abate dos animais, são mensurados o peso e dimensão do trato reprodutivo. A duração dos experimentos varia com a micotoxina avaliada e considera o tempo suficiente para a micotoxina e o AAM exercerem os seus efeitos. Ao final do experimento, os suínos são pesados e necropsiados. Após a pesagem da carcaça, o fígado é retirado e pesado para cálculo do peso relativo de fígado, o sangue é coletado para a realização dos testes bioquímicos e fragmentos de órgãos alvo das micotoxinas são coletados para análises histopatológicas.

Na avaliação dos resultados são considerados três parâmetros, os zootécnicos, morfológicos e bioquímicos. Os zootécnicos compreendem especialmente ganho de peso, conversão alimentar e consumo de ração. Os morfológicos incluem lesões, alterações de peso relativo dos órgãos e coloração. E os bioquímicos, incluem a análise da bioquímica sanguínea que é alterada por cada micotoxina.

Finalmente, é emitido um relatório com todos os resultados, seguidos de suas interpretações. Esse relatório é disponibilizado “online” para a empresa requisitante, juntamente com login e senha no link: http://www.lamic.ufsm.br/web/?q=resultados_aam. Cabe à empresa divulgar o login e a senha para que o consumidor tenha acesso ao relatório de avaliação *in vitro* e *in vivo* do AAM. A aprovação do produto é específica para a micotoxina e espécie avaliada, podendo ser aprovado para mais de uma micotoxina e espécie. O prazo de validade dessa avaliação, no caso de produtos aprovados, é de dois anos. Após esse período, é necessária uma nova avaliação para comprovar que o produto continua apresentando características de eficiência.

No período de 2005 a junho de 2017, o LAMIC e o Instituto SAMITEC, avaliaram *in vivo* um total de 315 AAM, para aves, suínos, bovinos e peixes. Desses, apenas 37,8% foram eficazes. No entanto, para suínos, o desempenho foi ainda pior, com 125 AAM avaliados e 24,8% aprovados. O histórico dos resultados pode ser conferido na Figura 1.



Aditivos Antimicotoxinas (AAM) avaliados (2005-2017)					
MICOTOXINAS	PRODUTOS AVALIADOS	% APROVADOS	IN VIVO DENTRO DO PRAZO*	IN VIVO + IN VITRO DENTRO DO PRAZO*	
	Aflatoxinas	95	48,4	8	2
	Fumonisinias	52	40,4	4	2
	Toxina T-2	5	20,0	1	0
	Aflatoxinas + Fumonisinias + Toxina T-2	22	36,4	8	0
	Aflatoxinas	1	100,0	1	1
	Aflatoxinas + Fumonisinias + Toxina T-2	1	100,0	1	1
	Aflatoxinas	1	100,0	0	0
	Aflatoxinas	4	100,0	0	0
	Aflatoxinas	3	66,7	0	0
	Fumonisinias	2	50,0	1	0
	Aflatoxinas	16	50,0	3	1
	Fumonisinias	20	40,0	1	1
	Zearalenona	76	19,7	2	0
	Toxina T-2	1	0,0	0	0
	Aflatoxinas + Fumonisinias + Toxina T-2	12	0,0	0	0
	Aflatoxina M1	4	50,0	0	0
Total	315	37,8	30	8	

* De acordo com a Portaria nº 13 de 24 de Maio de 2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

Figura 1. Resultados das avaliações *in vivo* de AAM realizadas no LAMIC e Instituto SAMITEC no período de 2005 a junho de 2017.

Considerações finais

O problema das micotoxinas é constituído por uma gama muito grande de etapas que podem ser enumeradas e discriminadas cronologicamente na cadeia alimentar dos suínos. Medidas contra o crescimento fúngico na planta, colheita, transporte, secagem, armazenamento, beneficiamento e produção do alimento devem ser tomadas para evitar o desenvolvimento fúngico e contaminação por micotoxinas na dieta final. Contudo, o gerenciamento das micotoxinas nas diferentes etapas deve ser realizado de acordo com adequadas técnicas de amostragem e utilizando metodologias de análises confiáveis para uma tomada de decisão segura. Ainda que o alimento apresente contaminação por micotoxinas, os AAM podem ser adicionados na dieta para diminuir os efeitos tóxicos das micotoxinas. É imprescindível que esse AAM tenha sido avaliado *in vivo* em suínos para comprovar a sua eficácia frente à micotoxina em questão. Testes *in vitro* efetuados periodicamente devem ser realizados para averiguar a manutenção da eficiência de adsorção *in vitro* e estabilidade do produto.



Referências bibliográficas

- COLVIN, B.M.; COOLEY, A.J.; REAVER, R.W. Fumonisin toxicoses in swine: Clinical and pathologic findings. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation.**, Davis, v.5. p.232-241, 1993.
- COOK, W.O.; ALSTINE, W.G.V.; OSWEILER, G.D. Aflatoxicosis in Iowa swine: Eight cases (1983-1985). **Journal of the American Veterinary Medical Association.**, Chicago, v.194, p.554-558, 1989.
- DILKIN P. et al. Production of fumonisins by strains of fusarium moniliforme according to temperature, moisture and growth period. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.33, p.111-118. 2002.
- DILKIN, P. Micotoxicose suína: aspectos preventivos, clínicos e patológicos. **Biológico**, v.64, n.2, p.187-191, 2002.
- DILKIN, P. et al. Toxicological effects of chronic low doses of aflatoxin B₁ and fumonisin B₁-containing Fusarium moniliforme culture material in weaned piglets. **Food and Chemical Toxicology**, v.41, p.1345-1353, 2003.
- DILKIN, P. et al. Intoxicação experimental de suínos por fumonisinas. **Ciência Rural**, v. 34, n.1, p.175-181, 2004.
- EDWARDS, S. et al. The effects of zearalenone on reproduction in swine. I. The relationship between ingested zearalenone dose and anestrus in non-pregnant, sexually mature gilts. **Theriogenology**, v.28, p.43-49, 1987a.
- EDWARDS, S.; CANTLEY, T.C.; DAY, B.N. The effects of zearalenone on reproduction in swine II. **Theriogenology**, v.28, p.51-58, 1987b.
- GIACOMINI, L. et al. Desempenho e plumagem de frangos de corte intoxicados por aflatoxinas. **Ciência Rural**, v. 36, n.1, 2006.
- HASCHEK, W.M. et al. Characterization of fumonisin toxicity in orally and intravenously dosed swine. **Mycopathologia**, v.117, p.83-96, 1992.
- KUMAR, V. et al. Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities. **Crop Protection**, v.27, n.6, p.891-905, 2008.
- LAMIC – Laboratório de Análises Micotoxicológicas. **Recomendações do Grupo de Trabalho sobre Micotoxinas em produtos destinados à alimentação animal**. Disponível em: <<http://www.lamic.ufsm.br/MAPA.pdf>>. Acesso em 9 jul. 2017.
- LOPES, J. M. et al. Adição de bentonita sódica como adsorvente de aflatoxinas em rações de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1594-1599, 2006.
- MALLMANN, A.O. Desempenho produtivo de frangos de corte intoxicados com diferentes concentrações de aflatoxinas na dieta. In: XX Congresso Latinoamericano de Avicultura, 2007, Porto Alegre. **Anais...** p. 267-268.
- MALLMANN, A.O. et al. Avaliação macroeconômica da qualidade micotoxicológica e nutricional de milho estocado em diferentes unidades armazenadoras destinado à ração para frangos de corte. In: VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Estância de São Pedro, SP. **Anais dos Trabalhos Científicos aves do VI CLANA**. Campinas/SP: CBNA, 2014.
- MALLMANN, C.A.; SANTURIO, J.M.; WENTZ, I. Aflatoxinas – Aspectos clínicos e toxicológicos em suínos. **Ciência Rural**, v.24, n.3, p.635-643, 1994.
- MALLMANN, C.A. Fight mycotoxins with strict prevention. **Feed Tech**, Doetichen - Holanda, v.2, n.7, p.02-14, 1999.



MALLMANN, C.A. et al. Fumonisin B₁ levels in cereals and feeds from Southern Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.68, p.41-45, 2001.

MALLMANN, C.A. et al. Critérios para seleção de um bom sequestrante para Micotoxinas. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2006, Santos. **Anais...** p. 213-224.

MALLMANN, C.A.; DILKIN, P. **Micotoxinas e Micotoxicoses em Suínos**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2007. 238 p.

MALLMANN, C. A., et al. Micotoxinas e micotoxicoses em suínos: situação atual no Brasil. In: BARCELLOS, D. E., et al. (Org.). **Avanços em Sanidade, Produção e Reprodução de Suínos**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, Setor de Suínos, 2015, p. 221-237.

PORTARIA Nº 13, de 24 de maio de 2006. **Diário Oficial da União** de 25/05/2006, Seção 2, Página 6. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?jsessionid=c0a8017bce7c8537cf4fc62436ab4d58ec2590f09b.e3uQbNaTa3iSe3iRbhyTbNmKb41NnkbJpAftolbGmkTy?operacao=visualizar&id=16846>>. Acesso em 9 jul. 2017.

SIEGEL, D.; BABUSCIO, T. Mycotoxin management in the European cereal trading sector. **Food Control**, v.22, p.1145-1153, 2011.

WHITAKER, T.B. et al. **Sampling procedures to detect mycotoxins in agricultural commodities**. New York: Springer, 2011. 58 p.



NUTRIÇÃO



EPIGENÉTICA Y NUTRICIÓN: MANIPULANDO LA NUTRICIÓN DE LA CERDA PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE SU PROGENIE

Guillermo Ramis Vidal

Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria - Universidad de Murcia

Introducción

El término epigenética, hace referencia a aquellos factores que, independientemente de la secuencia de ADN que porte un animal, y por tanto los genes, juegan un papel crucial en la herencia que recibe los individuos. Este término se utiliza por primera vez durante la Segunda Guerra Mundial, por el genetista inglés Conrad Hal Waddington. La epigenética proporciona un mecanismo molecular de herencia no dependiente en exclusiva de la secuencia de ADN y que puede conllevar patrones de herencia no mendeliana. En otras palabras, las experiencias que rodean a un animal durante su vida pueden marcar su material genético, desde el punto de vista molecular, y estas marcas pueden ser transmitidas y expresadas en el fenotipo de generaciones futuras. Los cambios epigenéticos son la base de muchos procesos de desarrollo normales, aunque también pueden ser la causa de enfermedades.

Mecanismos de epigenética

Los mecanismos epigenéticos se deben a procesos que alteran la expresión génica y que producen efectos en el fenotipo sin que haya cambios en la secuencia del ADN. Esta regulación de la expresión génica se puede producir a nivel transcripcional (síntesis del ARN a partir del ADN) y post-transcripcional (síntesis de las proteínas a partir del ARN). Los cambios más importantes están resumidos esquemáticamente en la Figura 1 (adaptada de Ibeagha-Awemu y Zhao, 2015) y básicamente son:

- **Metilación del ADN:** químicamente se define como la adición de grupos metilo al ADN de forma permanente. Este fenómeno ocurre de forma normal, pero también se pueden producir hipo o hipermetilaciones (metilaciones menos o más frecuentes de lo normal) y en estos casos se suelen producir enfermedades.
- **Modificaciones de las colas de histona:** que serían las modificaciones estructurales en las histonas (proteínas constituyentes de los cromosomas). Hoy se sabe que ciertas combinaciones de modificaciones en las histonas sirven para reprimir o estimular la expresión de ciertos genes.
- **Remodelación de la cromatina:** serían cambios en el estado de compactación de la cromatina, pasando de cromatina compacta a cromatina relajada. Esto hace que ciertos genes que no se expresan en el estado compacto comiencen a expresarse.
- **Actividad de ARN no codificantes:** son secuencias de ARN cuya finalidad no es traducirse a una proteína. Un ejemplo son los microARN de interferencia (miRNAs), pequeños fragmentos de ARN que tienen una secuencia complementaria a un ARN codificante, al que se acopla impidiendo su traducción a proteína. Es decir, aunque los mecanismos de transcripción de ADN a ARN funcionen adecuadamente, luego ese transcrito no se convierte en una proteína. Es por tanto un mecanismo post-transcripcional.



Existe mucha información que demuestra el papel regulatorio de los factores epigenéticos en el fenotipo de animales de abasto, incluyendo la aparición de enfermedades, variaciones en los caracteres reproductivos o productivos, tanto de carne como de leche.

Epigenética y nutrición: el ejemplo humano

La mayoría de los avances en ciencia y conocimiento van de la mano de la investigación en humanos. Uno de los estudios iniciales y clave en epigenética de la nutrición se llevó a cabo aprovechando un evento histórico documentado: la hambruna en Holanda en el invierno de 1944-1945, por el embargo de alimentos decretado por el ejército alemán. ¿Qué se ha estudiado? El efecto que tuvo esta restricción alimentaria sufrida por mujeres embarazadas sobre la salud de sus descendientes y si este tipo de hambrunas están asociadas a efectos epigenéticos persistentes en los humanos. Se ha estudiado el efecto sobre el gen IGF-2; crítico en el crecimiento (tanto en humanos como en cerdos), sobre la obesidad, sobre la distribución de adipocitos, las enfermedades cardiovasculares o la prevalencia de cáncer de mama. En todos los casos, se encontró una relación clara entre la hambruna sufrida por las madres y los cambios fenotípicos hallados en los descendientes. Así, los hijos de las mujeres sometidas a la hambruna mostraron un metabolismo más acelerado que los controles y además una mayor propensión a tener enfermedades cardiovasculares (Painter et al., 2008; Veenendaal et al., 2013; Heijmans et al., 2013).

Pero la pregunta es: ¿pueden verse esos efectos en una segunda generación?. Curiosamente, los nietos de las mujeres expuestas a la hambruna ya no tenían un metabolismo más acelerado o propensión a enfermedades cardiovasculares, pero tenía una mayor densidad de adipocitos y en general peor salud en su edad adulta que la población control. Por tanto, sí existe un salto transgeneracional de estos efectos. Luego veremos otro ejemplo en porcino.

También se han obtenido numerosas evidencias de que el entorno o lo que comemos (o comen nuestros progenitores) tiene una clara influencia en la obesidad. Se conocen genes cuya hipermetilación termina determinando si una persona es obesa (p.e. SLC6A4, CLOCK, PER2 o GR) o no obesa (TNF α , IGF2, LEP, etc.)(Casanello et al, 2016). Lo interesante de este punto, es que, al menos teóricamente, los cambios epigenéticos son reversibles y se podría intervenir sobre ellos. De hecho, se comienza a hablar de nutrición personalizada a través de la epigenómica, que permita ajustar nuestro ADN y sobre todo su estado epigenético a lo que comemos de modo que mejore nuestra salud y estado nutricional (Milagro y Martínez, 2013).

Epigenética y nutrición animal

Está claro que el crecimiento del tejido muscular, de la grasa y del hueso está ligado y depende dinámicamente de la nutrición. La programación nutricional “activa” y “desactiva” genes. Estas modificaciones epigenéticas se pueden transmitir entre generaciones. Las investigaciones actuales indican que la proliferación y diferenciación celular, así como la muerte programada están controladas por esos microRNA que citábamos anteriormente (Bengstrate et al., 2011). Entender los cambios que



sucedan en el ARNm y los microRNA de cerdos alimentados con distintas dietas puede revelarnos los principales marcadores epigenéticos que regulan el crecimiento de los cerdos. Entender los mecanismos subyacentes de la regulación por nutrientes de crecimiento de hueso, grasa y músculo son cruciales en este momento para la mejora de las producciones en cerdo.

Se sabe que algunos nutrientes, componentes alimentarios bioactivos y aditivos alimentarios, micronutrientes bioactivos y derivados de plantas, tienen la capacidad de modificar los marcadores epigenéticos antes mencionados y alterar la señalización celular en la descendencia durante el crecimiento y desarrollo. Se han estudiado los efectos derivados de la modificación de histonas y la acetilación para mejorar la producción de carne, tras el uso de algunos de estos aditivos. El suforafano es un inhibidor bioactivo de la deacetilasa de histonas, presente en vegetales como el brócoli. Se han hecho experimentos con esta sustancia *in vitro* sobre células porcinas para tratar de inhibir epigenéticamente la expresión del gen de la nistatina lo que redundaría en más crecimiento muscular (Fan et al., 2012). Este gen también se ha investigado para ver la influencia a corto y medio plazo de la dieta de la madre en su expresión en la progenie. Las conclusiones fueron que se producen modificaciones en las histonas y cambios en los microRNA a largo plazo y juegan un papel en el desarrollo del fenotipo del músculo esquelético (Liu et al., 2011).

Otros elementos conocidos como metiladores y posiblemente modificadores epigenéticos son ciertos aminoácidos entre los que están la metionina, colina, o cisteína, otros elementos como la betaína y vitaminas como la B6, B12 y el folato (Braunschweig et al., 2012).

Del mismo modo que sabemos que dietas ricas/pobres en grasa, con restricciones en calorías o proteínas, tendrán un efecto epigenético, no solo sobre el animal, sino sobre su progenie en caso de que sea un reproductor. De hecho, se ha creado ya el concepto de nutrigenómica, que estudia las interacciones entre la dotación genética y la nutrición y cuyo fin último sería poder adaptar la nutrición a las distintas genéticas que se usan en ganado porcino. En un estudio se han buscado metilaciones de ADN como resultado de la restricción en la cantidad de proteína e hidratos de carbono en dietas de madres, encontrando una disminución en la metilación en el hígado de los fetos, probablemente por deficiencia de metionina. Sin embargo, esta alteración de la metilación no afectó al músculo esquelético (Nicolescu et al., 2002, Altmann et al., 2012). Esto demuestra, de forma similar a lo que se ha hecho en humano en el estudio holandés, que la nutrición materna influye epigenéticamente en el desarrollo tisular de los embriones.

Un ejemplo cada vez más estudiado es el de la epigenética/nutrigenómica relacionada con la composición del músculo. Hace décadas que sabemos que la calidad de la carne depende en gran medida de la configuración tisular del músculo. Y cada vez hay más información que nos indica que el tipo de fibras y su abundancia que estén presentes en un músculo serán críticos para que la calidad sea la que nuestros consumidores demandan. Si tenemos en cuenta los cambios que hemos citado antes, restricciones en la alimentación de la madre podrían expresarse en su progenie, produciendo una menor calidad de carne por alteraciones en la estructura muscular. Del mismo modo que restricciones en los neonatos pueden conducir a la hipo o hiperexpresión de ciertos genes que tendrían consecuencias en el desarrollo de estas estructuras.



Otro de los caracteres productivos que más está llevando a estudios epigenéticos es la supervivencia y uniformidad del peso al nacimiento de las camadas, en un mundo donde las cerdas hiperpolíficas se están imponiendo definitivamente. Obviamente, ya ha pasado el momento de seleccionar las cerdas por su longitud, sabiendo que esto aumenta la capacidad uterina: las cerdas actuales tienen un espacio limitado en el útero con respecto a la cantidad de lechones que gestan y esto ha provocado que cada vez haya más lechones pequeños. Pero una parte de este fenómeno también se debe a efectos epigenéticos relacionados con la nutrición durante la gestación o incluso durante la lactación anterior. Ya existen estudios que constatan que el aumento en la ingesta de ciertos aminoácidos, vitaminas y oligoelementos durante la gestación-lactación mejorara la homogeneidad de la camada y el peso al nacimiento. Y también sabemos que en parte se debe a regulaciones epigenéticas.

Como ya hemos mencionado, es evidente que una generación sometida directamente a la exposición de un perjuicio ambiental o nutricional se verá alterada de una manera u otra. Y que la siguiente, potencialmente también puede verse afectada. Pero, estudios recientes han demostrado que incluso generaciones venideras que no estaba presentes en el momento de dicha exposición, podrían verse afectada debido a la herencia epigenética transgeneracional, si la exposición ocurre durante ventanas sensibles de desarrollo de las células germinales. La herencia epigenética transgeneracional se define como la herencia mediada por línea germinal de información epigenética entre generaciones, en ausencia de las influencias ambientales directas, que conducen a variación fenotípica, siempre y cuando medie una generación entre aquella expuesta y la que muestra la variación fenotípica. Dado que la heterosis es crítica para la producción de animales domésticos y la epigenética tiene un papel crítico en el vigor híbrido, la herencia epigenética será de vital importancia para el desarrollo óptimo de animales domésticos. Sin embargo, aún queda muchísimo por estudiar en el cerdo, y quizá otras especies de abasto como el vacuno nos lleven cierta ventaja en este campo. En porcino, por ejemplo, tan solo hay un estudio que haya constatado efectos epigenéticos transgeneracionales, concretamente el efecto de los micronutrientes presentes en el pienso administrado a verracos en la metilación del ADN en el hígado y músculo en sus nietos (generación F2). Se observó que la metilación de ADN hepática estaba disminuida en fetos obtenidos de cerdas que habían recibido una dieta con restricción de proteína, probablemente por deficiencia de metionina (Braunschweig et al., 2012). Este estudio demuestra que la nutrición paterna y materna probablemente afectará al desarrollo del tejido embrionario, efecto que se podría evidenciar a lo largo de las generaciones. La generación F2 presentaba diferencias en el porcentaje de grasa dorsal, en la densidad de adipocitos y en el espesor de tocino en la 10^a costilla dependiendo del tratamiento del F0. Los F1 fueron más magros que el grupo control.

Otro de los grupos de caracteres estudiados y que serían susceptibles de ser epigenéticamente modificados, son los reproductivos. Se sabe que la exposición de los lechones neonatos a estrógenos puede producir cambios epigenéticos que afectan a la capacidad y ambiente uterino, lo que determinaría una reducción de la fertilidad una vez que las lechones sean adultas (Tarleton et al., 2001). También se ha estudiado la exposición a estrógenos ambientales como el estradiol-17 β , y que actúa sobre el gen HOXA10, produciendo variaciones en primarias pre y post-pubescentes en el RNAm para este gen, comparando fetos expuestos y no expuestos (Pistek et al., 2013)



Esto nos lleva a pensar que los programas de selección que hoy planteamos a una o dos generaciones vista, se van a convertir en planes orquestados pensando en las 10 próximas generaciones, sabiendo que las modificaciones que induzcamos –mediante la nutrición o cualquier otro factor- se transmitirán de forma permanente y evidente a las siguientes generaciones. Por tanto, hoy más que nunca se vuelve cierto aquello de que los pecados que cometamos con los abuelos, los pagarán los nietos en un futuro no muy lejano. Y al revés, por supuesto, toda modificación epigenética beneficiosa que induzcamos hoy, nos dará una ventaja productiva en el futuro.

Conclusiones

- Cada vez somos más conscientes de la herencia no ligada a la secuencia de ADN y de cómo esta herencia llamada epigenética es capaz de modificar los fenotipos.
- Sabemos que estos mecanismos se producen a nivel transcripcional y postranscripcional, induciendo en muchos casos variaciones permanentes en los ácidos nucleicos y cromosomas.
- Estos cambios pueden afectar no solo a la siguiente generación sino a varias generaciones subsiguientes
- Los cambios epigenéticos se deben en gran medida a la nutrición y factores relacionados con ella. Por tanto, lo que coma un animal, en términos cuantitativos y cualitativos, puede influir en las siguientes generaciones.
- Ya se está creando el concepto de nutrigenómica que trata de entender las interacciones entre genes y nutrición para sacar el mejor rendimiento de nuestros animales de abasto. De hecho, ya empieza a ser una realidad la nutrición adaptada a cada línea genética, entendiendo sus necesidades y los efectos del pienso sobre los genotipos.
- Este concepto se implementará como un elemento crítico en los planes de selección, que empezarán a ver mucho más allá de las dos siguientes generaciones, para decir - mediante la nutrición entre otros factores - los animales del futuro.

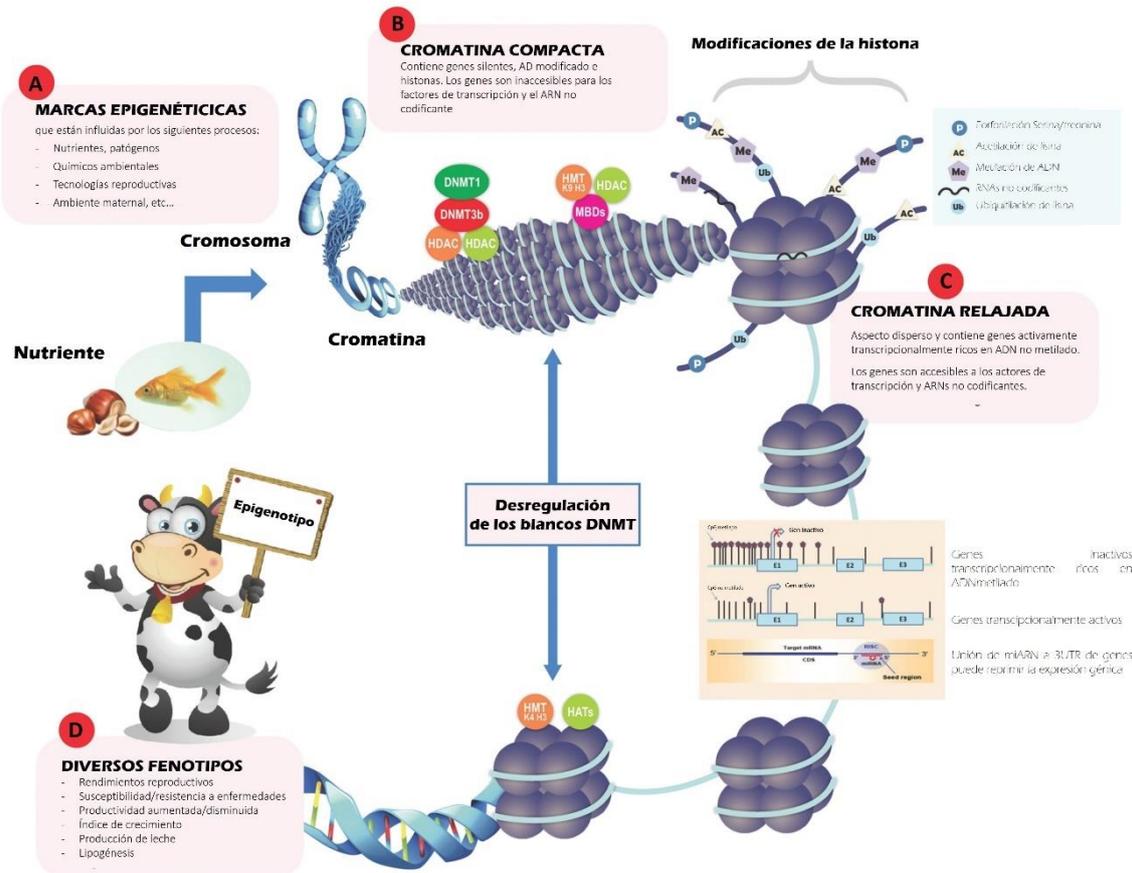


Figura 1. Las marcas epigenéticas responden a señales internas y ambientales (A) produciendo distintos efectos sobre la conformación de la cromatina y la expresión génica. (B) Cromatina compacta: tiende a contener genes silentes, ADN modificado e histonas. Diversos factores nucleares como las DNA metiltransferasas (DNMTs), las proteínas que se ligan al dominio metil-CpG (MBDs), histona metiltransferasas (HMT, K9, H3), histona deactilasas (HDACs), y la metilación del DNA están involucrados en el silenciamiento de la expresión génica. En el estado compacto, los genes son accesibles a los factores de transcripción y los ARNs no codificantes. (ncRNAs). (C) Cromatina relajada: tiene apariencia dispersa y es genérica. Los genes transcripcionalmente activos son ricos en ADN no metilado. Las histonas están, generalmente, hiperacetiladas. Las Histona metiltransferasas (HMT, K4, H3) y acetiltransferasas (HATs) están asociadas con promotores no metilados y actividad transcripcional. Los genes son accesibles a los factores de transcripción y los ARNs no codificantes. (D) Pueden aparecer diversos fenotipos. Fuente: Ibeagha-Awemu y Zhao, 2015.

Referencias

Altmann S, Murani E, Schwerin M, Metges CC, Wimmers K, Ponsuksili S. Maternal dietary protein restriction and excess affects offspring gene expression and methylation of non-SMC subunits of condensin I in liver and skeletal muscle. *Epigenetics*. 2012;7:239-252.

Bengestrate L, Virtue S, Campbell M, Vidal-Puig A, Hadaschik D, Hahn P, Bielke W. Genome-wide profiling of microRNAs in adipose mesenchymal stem cell differentiation and mouse models of obesity. *PLoS One*. 2011;6(6):e21305. doi: 10.1371/journal.pone.0021305. Epub 2011 Jun 23.

Braunschweig M, Jagannathan V, Gutzwiller A, Bee G. Investigations on transgenerational epigenetic response down the male line in F2 pigs. *PLoS One*. 2012;7:e30583.

Casanello P, Krause BJ, Castro-Rodríguez JA, Uauy R. Epigenética y obesidad. *Rev Chil Pediatr*. 2016;87(5):335---342.



Fan H, Zhang R, Tesfaye D, Tholen E, Looft C, Holker M, Schellander K, Cinar MU. Sulforaphane causes a major epigenetic repression of myostatin in porcine satellite cells. *Epigenetics*. 2012;7:1379-1390. doi: 10.4161/epi.22609.

Heijmans BT, Tobi EW, Stein AD, Putter H, Blauw GJ, Susser ES, Slagboom PE, Lumey LH. Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. 2013. *PNAS*; 105: 17046-17049.

Hyldig SM, Croxall N, Contreras DA, Thomsen PD, Alberio R. Epigenetic reprogramming in the porcine germ line. *BMC Dev Biol*. 2011;11:11.

Ibeagha-Awemu E, Zhao X. (2012) Epigenetic marks: regulators of livestock phenotypes and conceivable sources of missing variation in livestock improvement programs. *Frontiers in Genetic*. 6: 302.

Liu X, Wang J, Li R, Yang X, Sun Q, Albrecht E, Zhao R. Maternal dietary protein affects transcriptional regulation of myostatin gene distinctively at weaning and finishing stages in skeletal muscle of Meishan pigs. *Epigenetics*. 2011;6:899-907.

Milagro F, Martínez JA. La nutrición personalizada a través de la epigenómica. *Mediterráneo Económico* 27 | ISSN: 1698-3726 | ISBN-13: 978-84-95531-69-8 | [345-361].

Niculescu MD, Zeisel SH. Diet, methyl donors and DNA methylation: interactions between dietary folate, methionine and choline. *J Nutr*. 2002;132:2333S-2335S.

Painter R, Osmond C, Gluckman P, Hanson M, Phillips D, Roseboom T. Transgenerational effects of prenatal exposure to the Dutch famine on neonatal adiposity and health in later life. *BJOG* 2008;115:1243-1249.

Pistek VL, Furst RW, Kliem H, Bauersachs S, Meyer HH, Ulbrich SE. HOXA10 mRNA expression and promoter DNA methylation in female pig offspring after in utero estradiol-17beta exposure. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2013;138:435-444.

Tarleton BJ, Wiley AA, Bartol FF. Neonatal estradiol exposure alters uterine morphology and endometrial transcriptional activity in prepubertal gilts. *Domest Anim Endocrinol*. 2001;21:111-125.

Veenendaal M, Painter R, de Rooij S, Bossuyt P, van der Post J, Gluckman P, Hanson M, Roseboom T. Transgenerational effects of prenatal exposure to the 1944–45 Dutch famine. *BJOG* 2013;120:548-554.



FATORES ANTI-NUTRICIONAIS: INIMIGOS OCULTOS OU EUBIÓTICOS NA SUINOCULTURA

Gustavo Gattás¹, Cesar Augusto Pospissil Garbossa², Maíra Resende³ e Vinícius de Souza Cantarelli³

¹*AnimalNutri Ciência e Tecnologia*

²*Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Paragominas*

³*Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras - UFLA*

Introdução

Os fatores anti-nutricionais dos alimentos, também denominados metabólitos secundários, são compostos, ou classes de compostos, conhecidos por exercer efeitos contrários aos da nutrição ideal. Tais compostos químicos são, com frequência, mas não exclusivamente, associados com alimentos de origem vegetal (Gemedede; Ratta, 2014). Eles podem interferir na digestibilidade dos nutrientes, causar efeitos danosos à saúde, diminuir a disponibilidade biológica de aminoácidos essenciais, minerais ou vitaminas e até mesmo causar processos inflamatórios ou alérgicos na mucosa gastrintestinal (Benevides et al., 2011).

Os efeitos deletérios dos fatores anti-nutricionais podem ser associados a uma situação de disbiose, caracterizada como uma alteração na estrutura ou função da populações presentes na microbiota, alterando de forma prejudicial a homeostase gastrointestinal. Uma das descobertas importantes nos últimos anos é o fato de que a disbiose intestinal tem um impacto profundo na homeostase metabólica e imune (Miniello et al., 2017).

No entanto, alguns anti-nutrientes podem exercer efeitos benéficos para a saúde quando ingeridos em baixas concentrações (Gemedede; Ratta, 2014), atuando como eubióticos. Os eubióticos são soluções naturais para substituir os antibióticos melhoradores de desempenho, cada vez mais restritos na produção animal.

Embora a maioria destes metabólitos secundários provoquem respostas biológicas deletérias, alguns deles têm tido uma ampla aplicação na nutrição e como agentes farmacologicamente ativos (Soetan, 2008). Alguns fatores como os taninos, as saponinas ou os inibidores de proteases e amilase são conhecidos na produção animal por reduzir a disponibilidade de nutrientes e, como consequência, a taxa de crescimento dos animais. No entanto, quando usados em baixos níveis, também demonstram respostas na redução da taxa de colesterol e triglicerídeos no sangue. Além disso, outros fatores como as lectinas ou o oxalatos têm sido relacionados com a redução do risco de câncer. Ações antioxidantes e anti-inflamatórias também são relatadas. Estudos direcionados para tais características desempenham um papel fundamental na busca de alternativas ao uso de antibióticos (Soetan, 2008)



Características dos fatores anti-nutricionais

Fitatos

Os fitatos são derivados do ácido fítico ou do ácido hexafosfórico mioinositol, com habilidade de formar quelantes com íons divalentes, tais como o cálcio e magnésio (Benevides et al., 2011), formando complexos resistentes à ação das enzimas intestinais. Além disso, o fitato foi sugerido para servir como doador de cátions e de grupos de fosforil de alta energia e um potente antioxidante natural, através da quelação do ferro livre (Gemedé; Ratta, 2014). Já o ácido fítico tem a capacidade de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas, enzimas e amidos. Essa característica pode interferir com a absorção de ferro, zinco, cálcio e magnésio (Prynne et al., 2010).

O fósforo ligado ao fitato não é tipicamente biodisponível para qualquer animal que não seja ruminante. Com isso, o uso exógeno de enzimas fitase visa melhorar a digestibilidade do fósforo das rações assim como reduzir a quantidade de fósforo inorgânico a ser utilizada nas dietas. A efetividade da ação da fitase sobre a digestibilidade do fósforo apresenta resultados satisfatórios (Sands et al., 2007). Entretanto, sua ação sobre a digestibilidade de outros nutrientes, em especial a proteína bruta e aminoácidos, apresenta resultados variáveis.

Estudos que avaliaram os efeitos do ácido fítico em vários tipos de câncer, demonstram que os efeitos observados da prevenção e inibição do desenvolvimento tumoral estão ligados principalmente à capacidade de modular a diferenciação, proliferação e apoptose de células neoplásicas. Esta proteção anticarcinogênica está relacionada à sua inibição na formação de radicais livres de oxigênio, além de reduzir a expressão de citocinas como o fator de necrose tumoral (TNF) alfa, ativar a caspase-3 e p53 e inibir a ativação de proteínas cinases ativadas por mitógenos (Silva; Bracarense, 2016).

Além disso, efeitos positivos em animais que consumiram micotoxinas também foram observados. Abu-Saad El e Mahmoud (2009) observaram que a adição de ácido fítico à dieta de ratos diminuiu significativamente os distúrbios histológicos e reprodutivos causados pela aflatoxina B1 no testículo e Pacheco et al. (2012) mostraram que o ácido fítico protegeu a integridade da membrana citoplasmática das células intestinais contra o efeito prejudicial da desoxinivalenol (DON).

Inibidores de proteases

Os inibidores da protease são amplamente distribuídos no reino vegetal, incluindo as sementes da maioria das leguminosas. São conhecidos pela capacidade de inibir a atividade de enzimas proteolíticas no trato gastrointestinal de animais. Devido à sua natureza de proteína particular, os inibidores de protease podem ser facilmente desnaturados por processamento térmico, embora ainda haja alguma atividade residual nos produtos comercialmente produzidos (Gemedé; Ratta, 2014).

A atividade antinutriente dos inibidores da protease está associada à inibição do crescimento e à hipertrofia pancreática. Os potenciais efeitos benéficos dos inibidores da protease não são claros, embora tenham sido observadas incidências menores de câncer de pâncreas em populações onde a ingestão de soja e seus produtos é alta. Os efeitos anti-tumor *in vitro* e *in vivo* dos inibidores da protease



aparentemente estão associados à modulação do crescimento, diferenciação e proliferação destas células (Mayasa et al., 2016). No entanto, a purificação destes inibidores podem não eliminar os efeitos tóxicos deste fator anti-nutricional.

Saponinas

No passado, as saponinas foram reconhecidas como constituintes antinutrientes, devido aos seus diversos efeitos adversos, tais como o comprometimento do crescimento e redução na ingestão de alimentos devido à sua amargura e irritabilidade. Além disso, verificou-se que as saponinas atuavam sobre a biodisponibilidade dos nutrientes, reduzindo a atividade enzimática da tripsina e quimiotripsina e afetando a digestibilidade das proteínas (Gemedé; Ratta, 2014).

Mas atualmente vários estudos demonstram os efeitos antimicrobianos das saponinas (Soetan, 2008). Em humanos, são conhecidas por possuírem propriedades hipocolesterolêmicas, imunoestimulantes e anticancerígenas (Gemedé; Ratta, 2014). Efeitos anti-inflamatórios acontecem devido a inibição de citocinas pró-inflamatórias com o TNF-alfa, além de mediadores inflamatórios como prostaglandinas E2 e óxido nítrico (Guang et al., 2014).

Beta-glucanos

Os beta-glucanos são classificados como polissacarídeos não amiláceos (PNA), polímeros de açúcar que devido à natureza das cadeias de ligações são resistentes a hidrólise no trato gastrointestinal de animais não-ruminantes (Brito et al., 2008). Eles estão presentes na parede celular de plantas e leveduras e suas propriedades anti-nutricionais estão ligadas a sua elevada capacidade de se ligar a grandes quantidades de água, resultando em um aumento da viscosidade do conteúdo intestinal quando o alimento contendo PNA for consumido. Além da baixa digestibilidade, uma alta inclusão desses carboidratos pode causar um aumento da viscosidade intestinal e conseqüentemente reduzir a digestibilidade de outros componentes da dieta, comprometendo o desempenho dos animais (Campestrini; Silva; Appelt, 2005).

Seu modo de ação é dependente da massa molecular, conformação, solubilidade e também do grau e posicionamento de suas ramificações (Chan; Chan; Sze, 2009). O beta-glucano presente na aveia é capaz de atenuar as respostas de glicemia e insulinêmica pós-prandial no sangue, reduzir o colesterol total e o colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), melhorar o colesterol de alta densidade (HDL) e os perfis lipídicos do sangue, bem como manter peso corporal. Assim, sua ingestão é benéfica na prevenção, tratamento e controle de diabetes e doenças cardiovasculares (Daou; Zhang, 2012).

Na alimentação animal, o uso de fibras dietéticas se torna cada vez mais comum, com o objetivo de modular a microbiota intestinal. Fibras insolúveis podem reduzir a contagem de *Escherichia coli* através do bloqueio de sua adesão aos receptores da mucosa intestinal de leitões (Molist et al., 2011). Além disso são tradicionalmente tidos como imunomoduladores. Por serem reconhecidos como padrões de moleculares associados a patógenos (PAMPs), os beta-glucanos estimulam a fagocitose, a produção de citocinas pró-inflamatórias, ativam monócitos, ma-



crófagos e células *Natural Killers* (NK) de forma direta e linfócitos de forma indireta (Silva, 2012).

Isoflavonas

As isoflavonas mais abundantes são os glicósidos da genisteína e daidzeína e os seus derivados de metil formononetina e bioquianina A, a preocupação com a presença dessas substâncias na alimentação de animais se iniciou na década de 1940 com relatos de infertilidade em ovelhas na Austrália Ocidental que dizimaram a indústria de criação de ovelhas (Bennetts et al., 1946). A síndrome da infertilidade, referida como doença de Clover é caracterizada por uma condição cística dos ovários, uma endometriose irreversível e falta de concepção, sendo que a causa foi associada ao pastejo em pastagem com alto teor de trevo (*Trifolium subterraneum*) (Bradbury & White, 1954).

Devido à sua semelhança em forma e estrutura com os esteróides endógenos, estes compostos também podem se ligar ao receptor de estrogênio, embora com diferentes afinidades de ligação (Jordan et al., 1985). Os efeitos estrogênicos são geralmente mais fracos do que os dos estrogênios esteróides devido à menor afinidade de ligação, a menor estabilidade que é formado e a menor capacidade do complexo ser formado (Martin et al., 1978; Tang & Adams, 1980; Kitts et al., 1984).

Há especulações de que as isoflavonas possam promover a saúde óssea com base na semelhança na estrutura entre isoflavonas e estrogênio (Messina, 1999), podendo ser uma substância utilizada com cautela para a formação de marrãs no sentido de garantir um melhor desenvolvimento ósseo. Ainda Bradbury e White (1954) afirmam que estas substâncias exercem efeito favorável sobre a taxa de crescimento dos animais podendo ser utilizado como um promotor natural. Além desses efeitos Kramer et al. (1984) relatou a capacidade antifúngica das isoflavonas de soja sobre os fungos *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium digitatum* e *Fusarium culmorum*.

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos englobam uma grande variedade de compostos caracterizados pela presença de um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila e uma variedade de substituintes. Entre alguns pode-se citar os fitoestrógenos (isoflavonas) os lignanos, ácidos fenólicos e flavonóides. Muitos dos ácidos fenólicos são derivados de ácido benzóico, gálico, siringico, ácido protocatequico vanílico ou derivados de ácido cinâmico e cafeico, ferulico, sinápico, coumarico que são comumente encontrados como ésteres ou açúcares (Deshpande et al., 1984).

Os efeitos antinutricionais e tóxicos dos compostos fenólicos, foram categorizados como depressão na ingestão de ração, formação dos complexos com a proteína dietética, inibição de enzimas digestivas, aumento da excreção de proteínas endógenas, disfunções no trato digestivo e toxicidade da substância absorvida ou dos seus metabolitos (Price & Butler, 1980; Singleton, 1981; Deshpande et al., 1984; Salunkhe et al., 1990).



Mais de 4000 flavonoides já foram identificados em plantas, eles podem atuar como antioxidantes pela quelação de metais redox ativos e pela remoção de radicais livres. A quelação de ferro e cobre pelos grupos carbonilo e hidroxilo de flavonóides previne o radical peroxil e a peroxidação lipídica. Os flavonóides também funcionam como terminadores de radicais livres por doação de elétrons para formar produtos estáveis, sendo agentes de eliminação muito eficazes dos radicais hidroxila e peróxido, bem como a extinção dos radicais superóxido e do oxigênio singlete. Ainda alguns flavonóides têm propriedades anti-inflamatórias inibindo marcadamente a produção de TNF- α e óxido nítrico por macrófagos ativados com lipopolisacarídeos, dessa forma com essas atividades podem contribuir para o melhor desempenho dos animais (Kris-ether-ton et al., 2004).

Além desses efeitos Powers (1964) afirma que vários compostos fenólicos possuem atividade antibacteriana contra uma grande gama de microrganismos e Mehansho et al. (1987) demonstraram que estes compostos foram capazes em inibir a germinação do esporo do fungo *Colletorichun germinicola* causador da antracnose nas principais culturas de cereais.

Hemaglutininas

As lectinas ou hemaglutininas são proteínas de ligação ao açúcar que são capazes de ligar e aglutinar os glóbulos vermelhos. Eles são encontrados na maioria dos alimentos vegetais, incluindo os que podem ser consumidos sem tratamento térmico ou processamento (Nachbar & Oppenheim, 1980). As lectinas são específicas não apenas nos açúcares que elas ligam nas membranas celulares, mas também na sua toxicidade, dependendo de qual planta são provenientes, estas podem ou não ser tóxicas. Os efeitos tóxicos das lectinas relacionam-se à sua ligação com os locais receptores específicos na célula epitelial da mucosa intestinal, que então causa lesão, ruptura e desenvolvimento anormal das microvilosidades (Liener, 1989). Conseqüentemente, a absorção de nutrientes é prejudicada. Quando injetados, as lectinas podem aglutinar glóbulos vermelhos, seguido de hemólise e morte em casos extremos.

O processamento térmico pode reduzir a toxicidade das lectinas, pois pode ser desnaturada por calor, mas a baixa temperatura ou a cozedura lenta podem não ser suficientes para eliminar completamente sua toxicidade (Thompson et al., 1983).

Essas substâncias possuem efeitos favoráveis no sentido de atuar como princípio ativo envolvido na atividade inseticida para o feijão *Psophocarpus tetragonolobus* e contra as larvas do besouro da semente (*Callosobrochus masculatus*). Várias outras sementes de leguminosas são conhecidas por conter uma ampla gama de compostos secundários que os protegem contra ataques de insetos (Gatehouse et al., 1989). Uma lectina isolada de *Phaseolus vulgaris* demonstrou ser um inseticida eficiente contra a *C. masculatus* (Janzen et al., 1976; Gatehouse et al., 1984).



Inibidores de amilase

Os inibidores da α -amilase foram relatados pela primeira vez em trigo mourisco e depois em trigo, centeio, feijão, sorgo, aveia, entre outros. Com algumas exceções, a maioria dos inibidores de amilase de plantas são ativos contra amilases animais, mas são inativos contra enzimas bacterianas, fúngicas e vegetais. O inibidor forma um complexo com a amilase, cuja extensão depende de uma série de fatores, incluindo o pH, força iônica, temperatura, tempo de interação e concentração de inibidor (Thompson, 1993).

A formação complexa pode inativar a amilase e, por sua vez, reduzir a digestão do amido. A redução do crescimento pode ser esperada quando a ingestão de amido é limitada e sua disponibilidade ainda diminui em uma digestão ineficiente. No entanto, os dados sobre o efeito dos inibidores de amilase no crescimento, bem como o tamanho do pâncreas, são conflitantes (Thompson, 1993).

Os alimentos ricos em amido que tem uma capacidade de serem digeridos mais lentamente, resultam em menor nível de glicemia tendem a ser mais benéficos para a saúde por manterem a disponibilidade de glicose durante um maior tempo para o animal, e assim garantindo com que a atividade metabólica seja mantida de uma forma mais constante (Wolever, 1990), para porcas gestantes isso se torna interessante visto que é desejável que a fêmea mantenha durante um maior tempo os níveis glicêmicos mais elevados para garantir um maior aporte de nutrientes para os fetos. Portanto, os fatores que causam tais efeitos podem ser considerados desejáveis, sendo que alguns fatores antinutricionais são alguns deles (Thompson, 1988).

Arabinosilanos

O arabinosilano é um constituinte da hemicelulose, constituído por um esqueleto de xilose com cadeias laterais de arabinose. Esta molécula é um dos principais componentes da fibra dietética em grãos integrais tanto no endosperma quanto no farelo, sendo um dos principais componentes das paredes celulares da planta (Fry, 1988; Fincher e Stone, 1986), constituem o segundo biopolímero mais abundante em biomassa vegetal após a celulose (Gatenholm e Tenkanen, 2004).

Essa substância pode afetar negativamente a digestão em animais que os consomem, através da modificação da viscosidade do material no trato digestivo. Esta ação, por sua vez, afeta a capacidade das enzimas digestivas em realizar o seu efeito, bem como a absorção dos nutrientes é reduzida, o que resulta em pior desempenho dos animais.

No entanto, os arabinosilanos derivados de cereais possuem todas as características de prebióticos, incluindo resistência à hidrólise gastrointestinal e absorção, fermentação por microbiota intestinal e estimulação seletiva de *Bifidobacterium Spp* (Broekaert et al., 2011). Além destes efeitos prebióticos essas substâncias possuem ácidos hidroxicinâmicos ligados covalentemente (Barron et al., 2007), os quais possuem grande atividade antioxidante (Kikuzaki et al., 2002; Yuan et al., 2005), com uma forte redução na peroxidação lipídica sérica além disso causa forte aumento na capacidade antioxidante nos testículos podendo beneficiar machos reprodutores (Ou et al., 2007). Além desses efeitos existem evidências que indicam que os arabinosilanos exercem efeitos imunomoduladores, como a estimulação da atividade celular do Natural Killer (NK) (Kelly-Quagliana et al., 2003) e melhoria nas respostas antiinflamatórias (Hoentjen et al., 2005).



Considerações finais

É evidente que tanto os efeitos adversos como os benefícios para a saúde podem ser atribuídos aos fatores antinutricionais nos alimentos, também é demonstrando que tantos os efeitos de fator antinutricional como eubióticos são exercidos através dos mesmos mecanismos. No entanto, os efeitos desejáveis estão relacionados ao seu nível de ingestão e às condições oferecidas, como presença de outros constituintes alimentares, estado nutricional e de saúde do indivíduo. Assim, se desejamos equilibrar os seus riscos com os benefícios, é necessário obter mais informações sobre os níveis dos fatores antinutricionais e o seu nível de ingestão para poder utilizar como uma biotecnologia ao nosso favor.

Referências bibliográficas

- ABU EL-SAAD A.S.; MAHMOUD H.M. Phytic acid exposure alters aflatoxin b1-induced reproductive and oxidative toxicity in albino rats (*Rattus norvegicus*). **Evid Based Complement Altern Med**, v. 6, p. 331-334, 2009.
- BARRON, C.; SURGET, A.; ROUAU, X. Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. **J. Cereal Sci.** v. 45, p. 88-96, 2007.
- BENEVIDES, C.M.J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- BENNETTS, H.W.; UNDERWOOD, E.J.C.; SHIER, F. L. A. Specific breeding problem of sheep on subterranean clover pastures in Western Australia. **Aust. J. Agric. Res.** v. 22, p. 131-138, 1946.
- BRADBURY, R.B.; WHITE, D.E. Oestrogens and related substances in plants. **Vitam Horm.** v. 12, p. 207-233, 1954.
- BRITO, M.S. et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.
- BROEKAERT, W.F. et al. Prebiotic and Other Health-Related Effects of Cereal Derived Arabinoxylans, Arabinoxylan-Oligosaccharides, and Xylo oligosaccharides. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** v. 51, p. 178–194, 2011.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M.; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.
- CHAN, G.C.F.; CHAN, W.K.; SKE, D.M.Y. The effects of β -glucan on human immune and cancer cells. **Journal of Hematology and Oncology**, v. 2, n. 25, p. 1-11, 2009.
- DAOU, C.; ZHANG, H. Oat Beta-Glucan: Its Role in Health Promotion and Prevention of Diseases. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, p. 355-365, 2012.
- DESHPANDE, S.S.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Chemistry and safety of plant polyphenols. In: Nutritional and Toxicological Aspects of Food Safety, ed. M. Friedman. **Plenum Press**, New York, 1984. p. 457-495.
- FINCHER, G.B.; STONE, B.A. Cell walls and their components in cereal grain technology. In: Advances in Cereal Science and Technology. Pomeranz, Y., Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota. 1986. pp. 207- 295.
- FRY, S.C. The Growing Plant Cell Wall: Chemical and Metabolic Analysis. 1st ed. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.



- GATEHOUSE, A.M.R. et al. Effect of seed lectins from *Phaseolus vulgaris* on the development of *Cacallosobruchus maculatus* mechanism of toxicity. **J. Sci. Food Agric.** v. 25, p. 373-380, 1984.
- GATEHOUSE, A.M.R. et al. Mechanism of seed lectin tolerance by a major insect storage pests of *Phaseolus vulgaris*, *Acanthoccelides obtectus*. **J. Sci. Food. Agric.** v. 47, p. 269-280, 1989.
- GATENHOLM, P.; TENKANEN, M. Preface. In: *Hemicelluloses: Science and Technology*. Gatenholm, P. and Tenkanen, M., Eds., Oxford University Press, Oxford. 2004, p. 15-16.
- GEMEDE, H. F.; RATTAN. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 4, p. 284-289, 2014.
- GUANG, C. et al. Biological functionality of soyasaponins and soyasapogenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 8247-8255, 2014.
- HOENTJEN, F. et al. Reduction of colitis by prebiotics in HLA-1327 transgenic rats is associated with microflora changes and immunomodulation. **Inflamm. Bowel Dis**, v. 11, p. 977-985, 2005.
- JANZEN, D.H.; JUSTER, H.B.; LIENER, I.E. Insecticidal action of the phytohaemagglutinins in black beans on a bruchid beetle. **Science**, v. 192, p. 795-796, 1976.
- JORDAN, V.C. et al. Structure-activity relationships of estrogen. **Environ. Health Perspect.** v. 61, p. 97-110, 1985.
- KELLY-QUAGLIANA, K.A.; NELSON, P.D.; BUDDINGTON, R.K. Dietary oligofructose and inulin modulate immune functions in mice. **Nutr. Res.**, v. 23, p. 257-267, 2003.
- KIKUZAKI, H. et al. Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, p. 2161-2168, 2002.
- KITTS, W.D.; NEWSOME, F.; RONECKLES, V. The estrogenic and antiestrogenic effects of coumestrol and zeralonone on the immature rat uterus. **Can. J. Anim. Sci.** v. 63, p. 823-830, 1984.
- KRAMMER, R.P. et al. Antifungal activity of soyabean and cowpea isoflavones and their reduced derivatives. **Phytochemistry**, v. 10, p. 2203, 1984.
- KRIS-ETHERTON, M. et al. Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: The antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 24, p. 511-538, 2004.
- LIENER, I.E. The nutritional significance of lectins. In *Food Proteins*, ed. J.E. KINSELLA & W.G. SOUCIE. AOCS, Champaign, IL, USA, 1989, p. 329-353.
- MARTIN, P.M. et al. Phytoestrogens interaction with estrogen receptors in human breast cancer cells. **Endocrinology**, v. 103, p. 1860-1867, 1978.
- MAYASA, V. et al. Tolerability assessment and anti cancer activity of the partially purified protease inhibitors from Soyabean (*Glycine max*) orally administered to rats. **Research Journal of Pharmacy and Technology**, v. 9, n. 7, p. 925-928, 2016.
- MEHANSHO, H.; BUTLER, K.G.; CARLSON, D.M. Dietary tannins and salivary praline-rich proteins: Interaction, induction and defence mechanisms. **Ann. Rev. Nutr.** v. 7, p. 423-440, 1987.
- MESSINA, M. J. Legumes and soybeans: Overview of their nutritional profiles and health effects. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 70, p. 439-450, 1999.
- MINIELLO, V.L. et al. The Importance of Being Eubiotic. **Journal of Probiotics & Health**, v. 5, n. 1, p. 1-9, 2017.



- MOLIST, F. et al. Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on productive performance and intestinal health in post-weaning piglets, **British Journal of Nutrition**, Cambridge, n. 105, p. 1592-1600, 2011.
- NACHBAR, M.S.; OPPENHEIM, J.D. Lectins in the United States diet. A survey of lectins in commonly consumed foods and a review of the literature. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 33, p. 2338-2345, 1980.
- OU, S.Y. et al. Protection against oxidative stress in diabetic rats by wheat bran feruloyl oligosaccharides. **J. Agric. Food Chem.**, v. 55, p. 3191-3195, 2007.
- PACHECO, G.D. et al. Phytic acid protects porcine intestinal epithelial cells from deoxynivalenol (DON) cytotoxicity. **Exp Toxicol Pathol**, v. 64, p. 345-347, 2012.
- POWERS, J.J. Proc. Fourth Intn'l Symposium on Food Microbiology (Gateborg, Sweden). p. 5795, 1964.
- PRICE, M.L., BUTLER, L.G. Tan&s and Nutrition. Purdue University Agricultural Experimental Station Bulletin No. 272, Purdue, W. Lafayette, IN, USA, 1980.
- PRYNNE, C.J. et al. Dietary fiber and phytate: a balancing act results from 3 time points in a British birth cohort. **Br J Nutr**, v. 103, p. 274-280, 2010.
- SALUNKHE, D.K., CHAVAN, J.K., KADAM, S.S. Dietary Tannins: Consequences and Remedies. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1990.
- SANDS, J.S. et al. Ileal amino acid and phosphorus digestibility responses of pigs to microbial phytase supplementation of high-phytin diets. **Livestock Science**, v.109, p. 208-211, 2007.
- SILVA, E.O.; BRACARENSE, A.P.F.R.L. Phytic acid: From antinutritional to multiple protection factor of organic systems. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 6, p. R1357-R1362, 2016.
- SILVA, P.M.S. **Atividade de β -glucano e glutamina na integridade da mucosa e trofismo intestinal de camudongos BALB/C**. 2012. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- SINGLETON, V. L. Naturally occurring food toxicants. Phenolic substances of plant origin common in foods. **Adv. Food Res.**, v. 27, p. 149-242, 1981.
- SOETAN, K.O. Pharmacological and other beneficial effects of antinutritional factors in plants - A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 25, p. 4713-4721, 2008.
- TANG, B.Y.; ADAMS, N.R. Effect of equol on oestrogen receptors and on synthesis of DNA and protein in the immature rat uterus. **J. Endocrinol.**, v. 85, p. 291-297, 1980.
- THOMPSON, L.U. Antinutrients and blood glucose. **Food Technol.**, v. 42, p. 123-132, 1988.
- THOMPSON, L.U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Research International.**, v. 26, p. 131-149, 1993.
- THOMPSON, L.U.; REA, R.; JENKINS, D. Effect of heat processing on hemagglutinin in red kidney beans. **J. Food Sci.** v. 48, p. 235-236, 1983.
- WOLEVER, T.M.S. The glycemic index. **World Rev. Nutr. Diet.**, v. 62, p. 12-15, 1990.
- YUAN, X.P.; WANG, J.; YAO, H.Y. Antioxidant activity of feruloylated oligosaccharides from wheat bran. **Food Chem.**, v. 90, p. 759-764, 2005.



MATRIZ NUTRICIONAL DE ENZIMAS EXÓGENAS: UMA NOVA ABORDAGEM

Otto Mack Junqueira

Prof. Titular da Unesp - Ilha Solteira, SP

A eficiência da produção animal foi decididamente aumentada, devido às novas descobertas realizadas no campo da alimentação e da nutrição dos animais. Foram essas descobertas que revolucionaram muitos conhecimentos e teorias do passado. Rações que eram consideradas ideais há alguns anos podem agora ser radicalmente melhoradas através dessas novas descobertas no campo tecnológico com aplicações diretas na área da nutrição.

A maior preocupação por parte dos nutricionistas é fazer com que haja um aumento da digestibilidade dos alimentos, com conseqüente aumento da conversão alimentar. No entanto, há necessidade de que o trato digestório esteja apto a absorver os nutrientes com a maior eficiência possível, e para isso, muitos estudos tem sido conduzidos na busca de proporcionar a chamada saúde intestinal. Atualmente o uso dos probióticos e dos prebióticos tem se intensificado, na busca de uma microbiota saudável. Além destes dois aditivos, tem sido cada vez maior a preocupação em proporcionar a melhor degradação dos alimentos em nutrientes disponíveis, através do desenvolvimento de enzimas, principalmente as exógenas. Há que se reconhecer que a cada dia que passa, são introduzidas no mercado, à disposição dos nutricionistas, enzimas ou mistura de enzimas, com maior eficiência em promover a digestão dos alimentos. Ainda, o custo de produção das rações com adição de enzimas tem se tornado mais atraente e seu uso é tem se tornado uma rotina nas formulações. Sem dúvida, o uso dos aditivos se constitui em grande avanço no campo da nutrição aplicada.

Os processos de digestão de alimentos são sempre através de enzimas liberadas no estômago e no intestino delgado. As enzimas digestivas que hidrolisam proteínas são chamadas proteases e sintetizadas como zimogênios inativos no estômago e no pâncreas. A enzima pepsina digere proteínas no ambiente ácido do estômago e a quimotripsina e a tripsina, no intestino delgado (MAKKINK et. al., 1994). Alguns alimentos, como o triticale, o trigo, o centeio e a cevada, não são bem aproveitados, por apresentarem significativa fração fibrosa - os polissacarídeos não-amiláceos estruturais -, que não é hidrolisada pelas enzimas digestivas desses animais (FURLAN et al., 1997). Nos suínos, a enzima α -amilase salivar, ou ptialina, atua sobre as ligações do tipo alfa 1,4 do amido - atividade neutralizada pelo baixo pH do estômago. A α -amilase pancreática também digere o amido no intestino para produzir glicose, maltose e maltotriose. As gorduras são hidrolisadas a ácidos graxos, glicerol, monoacilgliceróis e diacilgliceróis, por uma lipase pancreática específica a ligações ésteres (HARPER et al., 1994). A utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos e aves tem sido estudada com o objetivo não somente de aumentar o aproveitamento dos alimentos, promovendo a hidrólise de fatores antinutricionais, de polissacarídeos não-amiláceos, mas também de reduzir a viscosidade da digesta. Respostas positivas foram constatadas no uso da enzima fitase como forma de melhorar o aproveitamento do fósforo em leitões recém-desmamados e em crescimento (LEI et al., 1994). Têm-se utilizado enzimas também com o objetivo de



incorporar matérias-primas de baixa qualidade às rações e melhorar o aproveitamento dos ingredientes, propiciando, assim, redução do impacto ecológico dos dejetos dos suínos. Em suínos desmamados entre 3 e 7 semanas de idade, cujas rações tinham suplementação de amilase e protease, foram observados aumentos significativos no ganho de peso e na conversão alimentar (INBORR e OGLE, 1988). Os mesmos autores concluíram ainda que a adição das enzimas amilase, protease e polissacaridase em rações para leitões recém-desmamados resultou em redução da incidência de diarreia. Produtos enzimáticos com protease e amilase usados na alimentação de suínos têm propiciado aumentos na digestibilidade de matéria seca e de nitrogênio de rações à base de milho e farelo de soja para leitões, durante as três primeiras semanas após a desmama (EASTER, 1988). A suplementação de amilase em rações para os leitões após a desmama melhorou a digestibilidade de amido contido nos cereais (CLASSEN, 1996), enquanto a suplementação de lipase melhorou o aproveitamento de gordura pelos suínos em recria (CERA et al., 1988), enquanto que a adição de protease melhorou a digestibilidade de proteína (CORRING et al., 1978). Os níveis de enzimas digestivas no organismo animal são influenciados pela idade e pelo tipo de alimento. A função digestiva em leitões recém-desmamados é comprometida, uma vez que a produção de enzimas pancreáticas pelo animal pode ser drasticamente reduzida (PARTRIDGE, 1993). Considerando o desenvolvimento fisiológico dos animais, a atividade da amilase no intestino delgado aumenta durante os 10 primeiros dias de idade (CANTOR, 1995). Leitões recém-desmamados alimentados com dietas ricas em amido não mostram capacidade de sintetizar amilase suficiente para a digestão dos substratos. A maltase, sacarase e protease são inicialmente pouco ativas, enquanto a lactase apresenta grande atividade nos leitões recém-nascidos, decrescendo com a idade. Os aumentos de carboidratos, proteínas e gordura na dieta são acompanhados de incrementos em amilase, protease e lipase, respectivamente (CORRING, 1978). Nos leitões, a função pancreática aumenta na terceira semana de idade, enquanto a amilase e a protease, presentes em baixas quantidades no nascimento, aumentam nos períodos subseqüentes. A desmama repentina na quarta semana de vida dos leitões causa queda na produção de amilase e redução significativa na produção de protease (OWSLEY et al., 1986). A produção de proteases pancreáticas depende da fonte proteica e da quantidade de alimento ingerido. O consumo de alimento diminui após a desmama, visto que o sistema digestório dos leitões tem de se adaptar ao alimento sólido, adequando o pH às secreções enzimáticas e à motilidade intestinal, além dos transtornos ocasionados pela proteína da soja, a qual contém fatores antinutricionais e de antígenos, capazes de provocar aos leitões uma série de disfunções intestinais (MAKKINK, 1994). A produção de proteases pancreáticas depende da fonte proteica e da quantidade de alimento ingerido, o que significa afirmar que esta enzima é induzida pela dieta. Os aminoácidos sintéticos são considerados como substâncias de alta disponibilidade pelo trato digestório, enquanto os demais ingredientes não são totalmente digeridos e absorvidos pelos animais, e as diferenças podem ocorrer mesmo entre diferentes amostras de um mesmo ingrediente, as quais podem ser devidas aos conteúdos em fibra e em substâncias antinutricionais. Os suínos não degradam os PNA's com a mesma facilidade que digerem o amido. Os PNA's são polímeros de açúcares simples e devido às suas ligações, são resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal dos monogástricos. Fazem parte da parede celular e consistem principalmente de pentose, rafinose e estaquiose, encontradas nas sementes de oleaginosas, beta-glucanos na cevada e aveia, e pentosanas e arabinoxilanas contidas no trigo, triticale e centeio. Para que se possa reduzir efetivamente o custo das rações,



mesmo com adição de complexo de enzimas exógenas, fatores como a relação entre as enzimas utilizadas, os substratos da ração, os aumentos esperados na digestibilidade dos nutrientes e os aspectos de formulação das rações, devem ser considerados (HANNAS & PUPA, 2003). RODRIGUES et al. (2002) em dois experimentos com suínos nas fases de crescimento e terminação, os quais utilizaram um complexo enzimático composto por xilanase, amilase, β -glucanase e pectinase, adicionado em rações formuladas com milho ou sorgo, verificaram melhora na digestibilidade dos nutrientes, aumento nos valores energéticos das rações formuladas com sorgo e melhor balanço de nitrogênio, constatou-se que a suplementação enzimática melhorou o ganho diário e a conversão alimentar, quando foram utilizadas rações formuladas com milho. Por outro lado, quando os leitões receberam dietas formuladas com sorgo, houve melhora apenas no ganho de peso. A substituição de ingredientes comumente utilizados na alimentação de suínos, por outros menos usuais, tem demonstrado resultados satisfatórios quando as rações são suplementadas com enzimas. YIN et al. (2001) testaram cinco variedades de cevada, em dietas para suínos na fase de crescimento, adicionando as enzimas β -glucanase, xilanase e um complexo composto por β -glucanase, xilanase e protease, e constataram melhora nas digestibilidades dos aminoácidos, fibra em detergente neutro, proteína bruta, PNA's e, também, redução na fermentação no intestino grosso.

Os fatores antinutricionais nem sempre causam problemas tóxicos aparentes, porém a sua participação resulta em diminuição da taxa de crescimento e piora na conversão alimentar. GDALA et al. (1997) formularam dietas para leitões contendo cevada, trigo e farelo de soja ou cevada, trigo, ervilha, colza e farelo de soja, suplementadas com enzimas isoladas (α -galactosidase, xilanase, β -glucanase, α -amilase e protease) ou com um complexo enzimático contendo α -galactosidase, xilanase e protease. Os resultados permitiram concluir que quando utilizaram as enzimas de forma isoladas, houve melhora na digestibilidade da xilose. Por outro lado, quando se usou o complexo enzimático, encontraram melhora nas digestibilidades da xilose, da arabinose e da matéria seca, quando comparadas com as dietas sem enzimas. CHESSON (1993) observou, também, que a adição de enzimas (amilase, protease e polissacaridase) em rações para leitões recém-desmamados, resultou em redução na taxa de diarreia. Utilizando leitões alimentados com rações contendo milho, trigo, cevada, soja e ervilha, adicionando às dietas um complexo enzimático composto por xilanase, glucanase, amilase, protease, fitase, celulase, galactase, mananase, pectinase, OMOGBENIGUN et al. (2004) observaram melhoras nas digestibilidades ileais da matéria seca, energia bruta, proteína bruta, amido e PNA's. HAUSCHILD et al. (2008), avaliaram o efeito da substituição de 0, 15 e 30% do milho por triguilho, em dietas suplementadas ou não com xilanase, sobre a digestibilidade dos nutrientes para suínos na fase de crescimento e observaram que a inclusão dos níveis crescentes de triguilho até 30% da dieta e a adição da enzima não influenciaram as digestibilidades da matéria seca, da energia bruta, a metabolizabilidade da energia, a retenção e as excreções fecais e urinária de nitrogênio. Os autores concluíram que a adição da enzima exógena não afetou os parâmetros digestivos e metabólicos dos suínos.



Considerações finais

O uso de enzimas tem se tornado uma rotina por parte dos nutricionistas. Isso implica em afirmar que os resultados têm sido por demais satisfatórios.

As empresas produtoras de enzimas trazem, como recomendação, as matrizes nutricionais das mesmas, como uma ferramenta de auxílio aos nutricionistas. Assim, como exemplo, um produto à base de fitase, traz em sua matriz, um valor de fósforo, correspondente à economia em fosfato bicálcico, correspondente à sua redução na ração. Outros produtos trazem ainda a economia em energia quando os mesmos contem enzimas carboidrolases. Outros ainda a redução do conteúdo proteico, quando contem proteases. Cabe aos próprios nutricionistas, através de conhecimento prévio de trabalhos científicos ou mesmo de suas próprias experiências, avaliarem os corretos valores a serem aplicados às matrizes. Importante ainda é salientar que o benefício esperado quando do uso de enzimas não é proporcional à quantidade de enzima adicionada à ração. Ou seja, se um produto enzimático for adicionado à ração na proporção de 500g por tonelada e esse valor equivaler a uma economia de 50 kcal/kg de ração, não é verdade afirmar que o dobro da quantidade adicionada venha a equivaler a 100 kcal/kg de ração. Isso implica que deve haver sempre uma quantidade equivalente em substrato para que o aumento da enzima adicionado seja proporcional.

Nota: A literatura citada encontra-se à disposição do leitor.



REPRODUÇÃO E GENÉTICA



TAXA DE DESCARTE, MORTALIDADE DE MATRIZES E MELHORAMENTO GENÉTICO DE LINHAS FÊMEAS: COMO AS EMPRESAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO ESTÃO PENSANDO A FÊMEA DO FUTURO

Antunes^{1*}, R. C. e Soares², J. S.

¹Professor Associado II da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – (*) robson.antunes@ufu.br

²Bolsista de Iniciação Científica CNPq (UFU)

Ao se discorrer sobre Melhoramento Genético de Suínos é pertinente a comparação com o melhoramento dos veículos automotivos produzidos e comercializados pelas várias montadoras presentes no Brasil. Há várias características comuns entre ambas que permite poder traçar um paralelo. Muitas destas montadoras atuam em nível mundial e estão presentes no Brasil. As várias empresas de Melhoramento Genético de Suínos que atuam no Brasil também estão presentes em muitos outros países em nível mundial, pelo menos nos principais produtores e exportadores de carne suína. O número de montadoras e o número de empresas de genética que atuam no Brasil promove uma concorrência acirrada entre as mesmas, lógico, cada uma dentro de seu campo de atuação. As montadoras precisam lançar anualmente veículos cada vez mais econômicos, que conseguem melhor desempenho consumindo menos combustível. Por sua vez, as empresas de Melhoramento Genético de Suínos precisam lançar todos os anos atualizações genéticas das linhagens comerciais que também propiciam melhor desempenho em taxas de crescimento de carne magra com qualidade consumindo menos ração. As semelhanças não param por aí, entre as várias marcas de carros automotivos não existe um que é bom em todas as características desejáveis pelos consumidores, ou seja, tem algumas marcas cuja suspensão é melhor, mas, perde em potencia de motor, outras tem motores bastante potentes, mas, os bancos não são tão confortáveis, outras tem conforto interno, no entanto o preço de revenda não é tão bom e assim por diante.

No Melhoramento Genético de Suínos também acontece o mesmo, algumas empresas possuem linhagens em que o número de leitões nascidos por parto é extremamente alto, mas, a carne magra na carcaça pode não ser a melhor do mercado. Outras empresas têm linhagens maternas que produzem progênies, que possuem metade dos genes oriundos das mães, com excelentes carcaças, com muita carne magra de qualidade, mas, tem descartes elevados por problemas reprodutivos. Outro aspecto interessante é que ao longo do tempo há uma tendência de convergência entre as estratégias adotadas pelas empresas. Pode se afirmar que entre as empresas automotivas há uma convergência no tocante a produção de veículos com contornos arredondados, “design” mais futuristas, principalmente no tipo de lanternas, intensificação dos controles eletrônicos, carros movidos tanto a gasolina quanto a álcool. Também nas empresas de Melhoramento Genético de Suínos as estratégias convergem no tocante a produzir animais cada vez melhores em eficiência alimentar, com alta produção de carne magra de qualidade alta, com excelentes taxas reprodutivas.

Ambos os setores investem em pesquisas internas para desenvolverem inovações tecnológicas que possam levar a vantagens competitivas no mercado e conquista de maior “market share”. Mas, há quem diga que os carros do passado fica-



vam intocáveis ao colidirem e os atuais são como papel e amassam completamente em colisões. Isto foi uma evolução nos projetos dos novos veículos que são feitos com material que absorvem o impacto, conseqüentemente os passageiros sofrem menos danos nos acidentes, comparados ao passado, só que os carros sofrem perda total nas colisões. Da mesma maneira as fêmeas suínas modernas são muito mais produtivas do que as fêmeas das décadas de 90 ou anos 2.000 e sofrem muito mais com a intensificação da produção de suínos atual. As perdas totais que os veículos sofrem nas colisões podem ser comparadas as mortalidades altas que as fêmeas modernas sofrem ao “colidirem” com os desafios impostos pelo sistema produtivo atual que é muito mais intensificado comparado ao passado, culminando com a “perda total” da fêmea ou perda parcial que leva a maiores taxas de descarte involuntário, e, a maiores taxas de reposição anual de leitoas que é a soma de ambas.

Há algumas décadas atrás a taxa de reposição anual de leitoas em Sistemas Intensivos de Produção de Suínos (SIPS) era 40% ao ano. Nesta época, anos 90 e início dos anos 2.000, a taxa de mortalidade anual de matrizes flutuava entre 3 a 5% e a taxa de descarte anual entre 35 e 37%. A somatória da taxa percentual de descarte anual com a taxa percentual de mortalidade de matrizes anual resulta na taxa de reposição percentual anual de leitoas de reposição. Atualmente a taxa de mortalidade está entre 7 e 10% e a taxa de descarte entre 40 e 45% forçando alguns SIPS a praticarem taxas de reposição percentual anual de leitoas de reposição acima de 50%. A fêmea moderna foi melhorada geneticamente para produzir leitegadas com grande número de leitões nascidos vivos e produzir muito leite para amamentar esta numerosa prole. A seleção das fêmeas com base na característica habilidade materna (“mothering ability”) levou a um aumento da produção de leite. Produção de leite tem correlação genética desfavorável para algumas características, como por exemplo, qualidade dos cascos e reprodução. Conseqüentemente o descarte por problemas de cascos e por problemas reprodutivos, anestro, repetição de cio e falhas na concepção, aumentaram consideravelmente nos últimos anos.

Analogamente, a característica carne magra na carcaça também é inversamente correlacionada com as características reprodutivas. As empresas de melhoramento genético selecionaram os animais das linhas paternas com base, principalmente, nas características carne magra, ganho de peso médio diário e eficiência alimentar, entre outras. Mas, não significa que nas linhas maternas não houve pressão de seleção para estas características. Ao contrário disto, nas linhas maternas também houve seleção com base nestas características, mas, obviamente com menor pressão de seleção do que nas características habilidade materna e tamanho de leitegada. Mesmo praticando pressão de seleção menor com base nestas características há de se lembrar de que especificamente a característica carne magra também é antagônica às características reprodutivas. Considerando o exposto fica fácil entender o contexto atual dos SIPS onde a taxa de reposição percentual anual de leitoas de reposição encontra-se acima de 50%.

Alguns profissionais que atuam na suinocultura advogam que a taxa de reposição deveria ser flutuante e não um número estanque. Em SIPS de alta produtividade seria compreensível esperar taxas de reposição acima de 40%; pois, em SIPS de alta produtividade pratica-se maior taxa de descarte. Inclusive descartar corretamente e trocar as fêmeas de baixa produtividade por fêmeas novas de alta produtividade ajuda a melhorar os índices zootécnicos destes SIPS. Há quem diga que se a fêmea produziu 60 leitões desmamados na vida produtiva a mesma já poderia ser descar-



tada sem problemas; pois já amortizou o seu custo de aquisição. O grande problema em se trabalhar com taxas de reposição acima de 45% ao ano é o fato de que em SIPS que praticam altas taxas de reposição, 50% ao ano ou mais, a proporção de fêmeas jovens no plantel é muito maior do que em SIPS que praticam 40% ao ano. Este maior percentual de fêmeas jovens no plantel torna mais desafiador a produção; pois, a imunidade de plantel não é tão boa comparado a SIPS que praticam 40% de taxa de reposição anual de leitões. Nestes, há uma proporção um pouco maior de fêmeas de terceiro, quarto e quinto parto somadas, em relação à soma de fêmeas de primeiro e segundo parto. Estes problemas advindos da baixa imunidade de plantel são tão mais expressivos quanto pior for a sanidade dos animais presentes no SIPS, já que fêmeas jovens são amplificadoras de doenças e produzem colostro de qualidade pior comparado as fêmeas de terceiro e quarto partos, por exemplo.

Ao preparar esta palestra as empresas de Melhoramento Genético de Suínos que atuam no Brasil foram consultadas via e-mail sobre as estratégias de genética adotadas pelas mesmas no tocante ao melhoramento genético da característica Longevidade das fêmeas ou características que levariam a respostas correlacionadas favoráveis à primeira, como capacidade de sobreviver em produção, qualidade dos cascos e aprumos, resistência a doenças, etc... Apenas uma das empresas consultadas não respondeu ao e-mail enviado até o momento em que se encerrou o prazo para a confecção desta palestra. Todas as outras empresas de Melhoramento Genético de Suínos que atuam no mercado nacional responderam ao e-mail e enviaram material interno da empresa, palestras ou publicações mostrando que as mesmas estão considerando estas características acima mencionadas no índice de seleção das linhagens maternas nos programas de melhoramento genético.

Com base nestes materiais enviados e com base na literatura consultada é possível se afirmar que entre 2025 e 2030 as matrizes comerciais estarão produzindo entre 35 a 40 leitões desmamados por ano que serão abatidos com 130 a 140 kg de peso vivo com 60% de carne magra na carcaça que propiciará uma venda acima de 2 mil kg de carne por matriz por ano, descontadas as perdas nas fases de creche, recria e terminação. Ainda, estas matrizes serão mais robustas dos que as atuais e terão uma taxa de sobrevivência maior e propiciarão uma taxa de descarte involuntário menor do que atualmente tornando possível a taxa de reposição anual de leitões ficar no limite superior de no máximo 45% ao ano. Mas, enquanto a seleção para estas características mencionadas acima não se consolida nas linhas maternas os suinocultores devem adotar medidas que visem ajudar as fêmeas a se manterem em produção por mais tempo diminuindo o descarte precoce de fêmeas jovens. Manejos e produtos comerciais que comprovadamente melhoram os cascos dos animais devem ser adotados e usados respectivamente, para se diminuir os descartes por problemas de casco. Manejos que visam a diminuição da mortalidade de fêmeas devem ser adotados. Um levantamento de campo feito em uma Cooperativa do Paraná mostra que para cada 1% de redução na mortalidade de matrizes pode-se contratar um funcionário a mais no quadro de colaboradores do SIPS, em uma situação em que a mortalidade de matrizes está com média de 10% ao ano. Há de se considerar que para a adoção de manejos de se detectar as matrizes doentes a tempo de serem medicadas com sucesso necessita-se de pessoas treinadas e em número suficiente para tal. Da mesma maneira, para o casqueamento das matrizes que é possível de ser feito e desejável, também há a necessidade de pessoas treinadas e em número adequado para a adoção do manejo em questão. As leitões



de reposição devem ser preparadas para a vida reprodutiva e produtiva de acordo com os manuais e orientações disponibilizadas pelas empresas de Melhoramento Genético de Suínos, para que se garanta a máxima permanência no plantel. Portanto, repensar o número de pessoas necessárias dentro dos SIPS é exigência para este momento que a suinocultura brasileira vivencia.

Diminuir o número de colaboradores dentro dos SIPS nacionais interessa aos países exportadores concorrentes do Brasil no mercado internacional; pois, torna o Brasil menos competitivo em um fator de produção em que o país leva vantagem, já que o custo da mão-de-obra no Brasil é menor do que nos países europeus exportadores de carne suína e menor do que nos EUA e Canadá. Com gente motivada e bem treinada e em número suficiente dentro dos SIPS pode-se adotar estratégias e manejos que desviem as fêmeas altamente produtivas modernas da rota de colisão com os problemas decorrentes da intensificação da produção, diminuindo as perdas totais e parciais, proporcionando taxas de reposição anual de leitões menores, aumentando a lucratividade dos SIPS. Vale a pena lembrar que sabiamente, na Planilha de Custos confeccionada e disponibilizada para consulta pelo Centro Nacional de Pesquisas em Suínos e Aves (CNPISA) da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), mão-de-obra está alocada como custo variável. Se os SIPS aumentam de tamanho, há de se contratar mais colaboradores, motivá-los e treiná-los para se manejar os animais com os cuidados que os mesmos exigem e merecem, já que os mesmos estão comprometidos com a produção de alimentos para o consumo humano.

Muitos artigos científicos foram publicados nos últimos dez anos sobre o melhoramento genético para a característica LONGEVIDADE das fêmeas suínas, quantificando o quanto a mesma é herdável, modelando matematicamente e comparando os melhores modelos para serem usados nos cálculos dos valores genéticos, calculando a correlação genética e fenotípica entre a mesma e outras características importantes que são consideradas na composição dos índices genéticos de linhas maternas. Uma análise deste material científico mostra que é perfeitamente possível se atingir os números propostos acima para as fêmeas do futuro e que as empresas de Melhoramento Genético de Suínos, pensando por este ponto de vista, estão no caminho correto.

Referências bibliográficas

- ANTUNES, R. C.; SILVEIRA, A. C. P.; CÉSAR, A. S. M.; FREITAS, P. F. A. Vitalidade: Sobrevivência de leitões pelo melhoramento genético. In: Simpósio Internacional de Produção Suína. 4., 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...**Campinas: Suinos&Cia, 2008, p. 1-9.
- BERGSMAN, R.; KANIS, E.; VERSTEGEN, M. W. A.; KNOL, E. F. Genetic parameters and predicted selection results for maternal traits related to lactation efficiency in sows. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1-33. 2008.
- BORTOLOZZO, F.; WENTZ, I. **A fêmea suína de reposição**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Pallotti, 2006. 128 p.
- CANARIO, L.; ROY, N.; GRUAND, J.; BIDANEL, J. P. Genetic variation of farrowing kinetics traits and their relationships with litter size and perinatal mortality in French Large White sows. **Journal of Animal Science**, v. 84, 1053-1058, 2006.
- DEEN, M. G. H.; BILKEI, G. Cross-fostering of low-birthweight piglets. **Livestock Production Science**, v. 90, 279-284. 2004.
- DIAL, G.; ROKER, J. R.; FREKING, B. W. Managing the breeding herd to optimize output. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUINOS (ABRAVES), 10., 2001, Porto Alegre. **Anais...**Concórdia: Embrapa Suínos e Aves-CNPISA, 2001. p. 19-25.



- DO AMARAL, A. L.; MORÉS, N. Programa de manejo para fêmeas de reposição. **Suínos & Cia**, v. 3, n. 11, p. 29-32, 2005.
- EISSEN, J. J.; KANIS, E.; KEMP, B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. **Livestock Production Science**, v. 64, 147-165. 2000.
- ENGBLOM, J.A. et al. Genetic analysis of sow longevity and sow lifetime reproductive traits using censored data. **Animal Breeding and Genetics**. v. 133. p. 138-144, 2016.
- FELIU, L. C. Sistema de reposição diferenciado: nulíparas gestantes. **Suínos & Cia**, v. 1, n. 1, p. 8-11, 2002.
- FOXCROFT, G.; AHERNE, F. Manejo da marrã de reposição e da porca de primeiro parto (parte 1-6). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SUÍNOS, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...Concórdia: Embrapa Suínos e Aves-CNPISA**, 2000. p. 88-210.
- GAAD, J. What the textbooks don't tell about. **Pig Progress**, v. 16, n. 2, p. 12-14, 2000.
- GAAD, J. **Guía John Gaad de soluciones en producción porcina**. 1. ed. Madrid: Editorial Servet, 2006. 526 p.
- GARRICK, J. D.; ENNS, M. How best to achieve genetic change? In: Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, 5., 2005, Piracicaba. **Anais...Piracicaba: SBMA**, 2005. p. 1-5.
- GOSS, J. Prepare your gilts. **Pig International**, v. 33, n. 1, p. 21-24, 2003.
- GRANDINSON, K. Genetic background of maternal behaviour and its relation to offspring survival. **Livestock Production Science**, 93, 43-50. 2005.
- Van GREVENHORF, E. M., KNOL, E. F., HEUVEN, H. C. M. Interval from last insemination to culling: I. The genetic background in crossbred sows. **Livestock Science**, v. 181, p. 103-107, 2015.
- HOLLANDER, C. A., KNOL, E. F., HEUVEN, H. C. M., Van GREVENHORF, E. M. Interval from last insemination to culling: II. Culling reasons from practise and the correlation with longevity. **Livestock Science**, v. 181, p. 25-30, 2015.
- LE, T. H., MADSEN, P., LUNDEHEIM, N., NILSSON, K., NORBERG, E. Genetic association between leg conformation in young pigs and sow longevity. **Animal Breeding and Genetics**, v. 133, p. 183-290, 2016.
- LOPEZ, R. Low reproductive performance and high sow mortality in a pig breeding herd: a case study. **Irish Veterinary Journal**, v. 61, n.12, p. 36-44, 2016.
- LISBOA, M. N. T. S. Unidade de desenvolvimento de marrã. **Suínos & Cia**, v. 4, n. 20, p. 20-23, 2006.
- LUCIA, T., DIAL, G.D., MARSH, W.E. Estimation of lifetime productivity of female swine. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. 214, 1056-59, 1999.
- LUCIA, T., DIAL, G., MARSH, W. Lifetime reproductive performance in female pigs having distinct reasons for removal. **Livestock Production Science**. 63, 213-222, 2000a.
- LUCIA, T., DIAL, G.D., MARSH, W.E. (2000b) Reproductive and financial efficiency during lifetime of female swine. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. 216:1802-1809, 2000b.
- HEINONEN, M., OLLIPELTONIEMI, A. N., ANNAVALROS, B. Impact of lameness and claw lesions in sows on welfare, health and production. **Livestock Science**, v. 156, p.2-9, 2013.
- MIELE, M., SANTOS FILHO, J.I., SANDI, A.J. Custo de Produção de Suínos em Países Selecionados. **Comunicado Técnico** 523, 2015. 16p.
- MUIRHEAD, M. R.; ALEXANDER, T. J. L. Reproduction: non infectious infertility. In: _____. **Managing Pig Health and the treatment of disease: a reference for the farm**. 1. ed. London: 5M Enterprises LTD, 1997. cap. 5, p. 133-162.
- NEVES, J. F. Desafios da nutrição para cumprir 30 leitões/porca/ano. **Suínos & Cia**, v. 4, n. 20, p. 38-41, 2006.
- OCEPEK, M., ANDERSEN-RANBERG, L., EDWARDS, S. A., FREDRIKSEN, B., FRAMSTAD, T., ANDERSEN, I. L. Can a super sow be a robust sow? Consequences of litter investment in purebred and crossbred sows of different parities. **Journal of Animal Science**, v. 94, p.3550-3560, 2016.



- OLLIVER, L. Genetic improvement of the pig. In: ROTHSCHILD, M. F.; RUVINSKY, A. **The genetics of the pig**. First Edition. Wallingford: Cab International, 1998. p. 511-540.
- OSAVA, C. F. Desempenho produtivo de porcas. 1. Efeito do tipo de alojamento na maternidade. 2. Efeito da suplementação de aminoácidos na gestação. 2011. 66 f. **Dissertação de Mestrado**: Universidade Federal de Uberlândia, UFU, 2009.
- PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético dos suínos. In: _____. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. ed. Belo Horizonte: FEPMZ Editora, 2004. cap. 17, p. 372-392.
- RILLO, S. M.; DE ALBA, C.; FALCETO, M. V. PERALTA, W.; BUSTAMANTE, J. Efecto del aparato genital de la primeriza sobre la productividad de la cerda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SUÍNOS, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...Concórdia**: Embrapa Suínos e Aves-CNPISA, 2000. p. 39-49.
- ROMERO, C, A. A futura reprodutora. **Suínos & Cia**, v. 4, n. 9, p. 9-17, 2004.
- SEBRAE/ABCS. **Mapeamento da Suinocultura Brasileira**. 1ª Edição. Brasília: Gráfica Qualytá, 2016. 368p.
- SASAKI, Y., KOKETSU, Y. Culling intervals and culling risks in four stages of reproductive life of first service and reserviced female pigs in comercial herds. **Theriogenology**, v. 73, p. 587-594, 2010.
- SASAKI, Y., KOKETSU, Y. A herd management survey on culling guidelines and actual culling practices in three herd group based on reproductive productivity in Japanese commercial swine herds. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 1995-2002, 2015.
- SILVA, B. A. N. Nutrição de fêmeas suínas de alta performance nos trópicos. **Suínos & Cia**, v. 6, n. 37, 10-35, 2010.
- SOBCZY, M., BLICHARSKI, T. Phenotypic and genetic variation in longevity of Polish Landrace sows. **Animal Breeding and Genetics**. v. 132. p. 318-327, 2015.
- STEPHANO, A. Estratégias de manejo para melhorar os resultados de nulíparas e primíparas. **Suínos & Cia**, v. 2, n. 8, p. 8-15, 2004.
- STEVERINK, D. B. W. Optimising insemination strategies in pigs. 1999. 147 f. **Tese de Doutorado**, Wageningen University, Wageningen, 1999.
- TURRES, J., BIDANEL, J. P., HOFER, A., DUCROCQ, V. Analysis of longevity and exterior traits on Large White sows in Switzerland. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2914-2924, 2014.
- VARONA, L.; SORENSEN, D. A genetic analysis of mortality in pigs. **Genetics**, v. 184, 277-284, 2010.
- VEARICK, G., MELLAGI, A. P. G., BORTOLOZZO, F. P., WENTZ, I., BERNARDI, M.L. **Causas associadas a morte de matrizes suínas**. Archives of Veterinary Science, v. 13, n. 2, p. 126-132, 2008.



ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA A MANUTENÇÃO DE EMBRIÕES VIÁVEIS: A IMPORTÂNCIA DO PERÍODO PÓS-COBERTURA

Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida

*Departamento de Morfologia, ICB/UFMG
falmeida@icb.ufmg.br*

Introdução

A eficiência reprodutiva é a principal meta econômica em qualquer sistema de produção animal, e especificamente na indústria suinícola, é representada pelo número de animais desmamados por fêmea por ano (Dial et al., 1996). Muitos são os fatores determinantes desse índice, alguns inerentes à fêmea, tais como período de gestação, período de lactação e número de dias não produtivos, outros inerentes aos leitões, onde se destaca o tamanho da leitegada.

O tamanho da leitegada é determinado especialmente pela taxa de ovulação, a qual tem sido foco principal dos programas de melhoramento genético nos últimos 20 anos, culminando com o advento da fêmea suína moderna, que tem como característica fundamental a elevada prolificidade. No entanto, mesmo que a taxa de ovulação determine o tamanho máximo de leitegada, normalmente isso não reflete o número de leitões nascidos ao parto (Pope 1994). Grande é a perda ocorrida ainda na vida intra-uterina, tendo como causa principal a mortalidade embrionária. É sabido que a mortalidade embrionária contribui significativamente com potenciais perdas de leitões no início da gestação, resultando em cerca de 10-40 % dessas perdas (Kemp et al., 2006).

Dentre os fatores que contribuem para as perdas embrionárias no início da gestação, a nutrição no período pós-cobertura apresenta um papel de destaque, sendo o arraçoamento neste período motivo de muitas dúvidas quanto à forma mais adequada para a sua execução. Assim, foi feito um levantamento dos principais trabalhos onde esse tema foi investigado, sendo os dados e principais conclusões, apresentados a seguir.

Progesterona: principal mediador da sobrevivência embrionária

Estudos clássicos datados do final da década de 90 evidenciaram a importância do hormônio progesterona para a manutenção da gestação e, conseqüentemente, para determinação do tamanho da leitegada (Jindal et al., 1996; 1997; Foxcroft et al., 1997). Sabe-se que esse hormônio, sintetizado pelos corpos lúteos ovarianos, é responsável pelas funções endometriais (síntese do “leite uterino”), fundamental para os estágios iniciais de desenvolvimento, implantação e sobrevivência embrionária. A secreção de progesterona pelos corpos lúteos segue um padrão diferente daquele na circulação sistêmica (Virolainen et al. 2005), sendo sua concentração muito mais elevada na veia ovariana e secreção realizada de forma pulsátil. A transferência da progesterona da veia ovariana para as artérias tubárica e uterina (vascularização das tubas e cornos uterinos) se dá por um sistema de fluxo contra-corrente,



ou seja, não é via circulação sistêmica e sim de forma direta (Krzymowski et al. 1990). Assim, níveis de progesterona medidos a nível local (veia ovariana) refletem mais precisamente a síntese desse hormônio pelos corpos lúteos.

A nutrição no período pós-cobertura

O papel de níveis de arraçoamento elevados imediatamente após a cobertura em leitoas foi evidenciado como prejudicial à sobrevivência embrionária por reduzir os níveis circulantes de progesterona, em função de um maior metabolismo desse hormônio a nível hepático (Jindal et al., 1996; 1997). No entanto, o suprimento local de progesterona é direto, não sendo modulado por metabolismo hepático, o que explica o fato de a concentração de progesterona na circulação local ser muito mais elevada quando comparada à circulação sistêmica (Stefanczyk-Krzyszowska et al. 1998).

Estudos mais recentes onde os efeitos de altos níveis de arraçoamento pós-cobertura e sobrevivência embrionária foram investigados revelaram que níveis nutricionais elevados no período pós-cobertura seriam benéficos à sobrevivência embrionária (Athorn et al., 2011; 2013; Langendijk et al. 2016), contradizendo o que havia sido postulado há quase 20 anos atrás. Foi reportado que a progesterona transferida diretamente do ovário ao útero seria um adicional considerável ao suprimento uterino dos níveis sistêmicos de progesterona, compensando a redução sistêmica de progesterona em leitoas com altos níveis de arraçoamento após a cobertura.

Além disso, as fêmeas modernas, hiperprolíficas, possuem mais corpos lúteos e produzem mais progesterona. Portanto, níveis elevados de arraçoamento no período pós-cobertura não seria prejudicial à sobrevivência embrionária nesses animais (Quesnel et al., 2010).

Em se tratando de gestação coletiva, sabe-se que este sistema favorece o bem-estar animal por permitir liberdade de movimentos, aumenta a socialização, permitindo a expressão do comportamento natural. No entanto, pode haver maior competição por alimento, levando a uma restrição alimentar nas fêmeas submissas. Neste sentido, o estudo de Condous et al. (2014), reportou que a redução do consumo para níveis de manutenção durante o período pós-cobertura foi prejudicial à sobrevivência embrionária.

Considerações finais

A fêmea suína moderna é bem diferente daquela de 20 anos atrás. A hiperprolifidade aumentou a capacidade de síntese de progesterona em decorrência a maiores taxas de ovulação. O suprimento local de progesterona para o corno uterino tem efeito positivo sobre a sobrevivência embrionária, comparado ao corno uterino que depende somente do suprimento sistêmico de progesterona, mesmo depois da ocorrência de implantação. Adicionalmente, tanto progesterona sistêmica quanto o suprimento local de progesterona devem ser considerados quando se investiga os efeitos do nível de arraçoamento no período pós-cobertura sobre a sobrevivência embrionária. Portanto, deve-se assegurar que as fêmeas recebam quantidades suficientes de ração após a cobertura para se assegurar o bom desenvolvimento embrionário.



Referências bibliográficas

- Athorn, R. Z., Stott, P., Bouwman, E. G., Ashman, R., O'Leary, S., Nottle, M., and Langendijk, P. (2011). Direct ovarian-uterine transfer of progesterone increases embryo survival in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 23, 921-928.
- Athorn, R. Z., Stott, P., Bouwman, E. G., Chen, T.-Y., Kennaway, D. J., and Langendijk, P. (2013). Effect of feeding level on luteal function and progesterone concentration in the vena cava during early pregnancy in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 25, 531-538.
- Condous, P. C., Kirkwood, R. N., van Wettere, W. H. E. J. (2014). The effect of pre- and post-mating dietary restriction on embryonic survival in gilts. *Anim. Reprod. Sci.* 148, 130-136.
- Dial, G. D., Y. Koketsu, J. L. Xue, and T. Lucia. (1996). Optimizing breeding performance in early weaning systems: factors affecting the reproductive response to lactation length. *Adv. Pork Prod.* 7, 131-142.
- Foxcroft, G. R. (1997). Mechanisms mediating nutritional effects on embryonic survival in pigs. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52, 47-61.
- Jindal, R., Cosgrove, J. R., Aherne, F. X., and Foxcroft, G. R. (1996). Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: association with progesterone. *J. Anim. Sci.* 74, 620-624.
- Jindal, R., J.R. Cosgrove, and G.R. Foxcroft. (1997). Progesterone mediates nutritionally induced effects on embryonic survival in gilts. *J. Anim. Sci.* 75:1063-1070.
- Kemp, B., Foxcroft, G. R., and Soede, N. M. (2006). Physiological determinants of litter size in contemporary dam line sows. In 'AD Lemman Swine Conference'. (MN)
- Krzymowski, T., Kotwica, J., and Stefanczyk-Krzyszowska, S. (1990). Uterine and ovarian counter-current pathways in the control of ovarian function in the pig. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 40, 179-191.
- Langendijk P., E. G. Bouwman, T. Y. Chen, R. E. Koopmanschap and N. M. Soede (2016). Temporary undernutrition during early gestation, corpora lutea morphometrics, ovarian progesterone secretion and embryo survival in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* doi: 10.1071/RD15520
- Pope, W.F. 1994. Embryonic mortality in swine. In: *Embryonic Mortality in Domestic Species*, Eds MT Zavy and RD Geisert, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 53-77.
- Quesnel, H., Boulet, S., Serriere, S., Venturi, E., and Martinat-Botte, F.n (2010). Post-insemination level of feeding does not influence embryonic survival and growth in highly prolific pigs. *Anim. Reprod. Sci.* 120, 120-124.
- Stefanczyk-Krzyszowska, S., Grzegorzewski, W., Wasowska, B., Skipor, J., and Krzymowski, T. (1998). Local increase of ovarian steroid hormone concentration in blood supplying the oviduct and uterus during early pregnancy of sows. *Theriogenology* 50, 1071-1080.
- Virolainen, J. V., Love, R. J., Tast, A., and Peltoniemi, O. A. (2005). Plasma progesterone concentration depends on sampling site in pigs. *Anim. Reprod. Sci.* 86, 305-316.



SITUAÇÃO DA IATF E GENÉTICA LÍQUIDA NA EUROPA

Raquel Ausejo

For the pig industry, the artificial insemination was a great revolution, causing the increase of size of the farms and their productive parameters, since it has been the tool that has been used to take to the farms, in a fast way, the genetic progress achieved in the porcine selection pyramids.

In the European countries with the highest swine production, such as Spain, Germany and Denmark, in recent years, efforts have been made to try to achieve a quality standard for semen doses produced by insemination centers. For this purpose, official entities are being set up to carry out training sessions, to monitor seminal quality in authorized laboratories, etc.

The concerns that exist among the European insemination centers can be classified into 3. The first one is the sperm toxicity produced by compounds present in certain packages for seminal doses and extenders, which have taken place in several countries during the last years. The second would be the negative effect on the seminal quality that is having the selection of some productive characters and the management of the genetic indexes that is causing to decrease the age of elimination of the boars. And the last one would be health, because in the insemination centers, progressively, there are more boars coming from different origins, with the sanitary and management problems that this entails.

It is difficult for artificial insemination to undergo a revolution like the one that has been carried out in the last decade, but we must continue working to make it more efficient. Two lines of work to achieve this efficiency are, firstly, to get a boar to double the number of sows that could be mated through IATF without reproductive parameters of fertility and prolificacy decrease. And the second, within the European context of the decline in antibiotic use, is to face the challenge of producing semen doses with antibiotic-free extenders.

We will conclude the presentation with a review of the evolution over the last 5 years of seminal parameters such as motility, concentration, membrane integrity and contamination in more than 15000 seminal doses.



DESAFIOS PARA TORNAR A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO ACESSÍVEL EM LARGA ESCALA NA SUINOCULTURA TECNIFICADA DO BRASIL

Fernando P. Bortolozzo^{1*}, Ana Paula G. Mellagi¹, Rafael R. Ulguim¹, Ivo Wentz¹, André L. Mallmann¹, Mariana B. Menegat², Joabel T. Santos¹ e Monike Quirino¹

¹Setor de Suínos, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9090 - Porto Alegre/RS – *fpbortol@ufrgs.br

²Department of Diagnostic Medicine/Pathobiology, College of Veterinary Medicine, Kansas State University, Manhattan, USA

Introdução

A suinocultura tem se caracterizado por expressivos avanços nos manejos reprodutivos ao longo dos anos. A substituição da monta natural pela técnica de inseminação artificial (IA) é com certeza um importante marco nesse processo. Entretanto, ainda existem oportunidades uma vez que, na realidade atual da técnica, múltiplas doses são utilizadas por cobertura, o que implica diretamente na disponibilidade de mão de obra, tanto na central de processamento de sêmen (CPS), quanto no setor de inseminação, aumentando com isso, os custos produtivos do sistema de produção.

Uma estratégia para possibilitar o uso de uma única IA em fêmeas suínas depende da indução e sincronização do estro e da ovulação (DRIANCOURT et al., 2013). Atualmente, a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em suínos tornou-se possível devido ao conhecimento da regulação endócrina do desenvolvimento folicular e ovulação e, também, pela disponibilidade comercial de hormônios ou de seus análogos, os quais permitem o controle do ciclo estral e da ovulação (BRÜSSOW et al., 2009).

O emprego da IATF em larga escala em suínos não depende apenas da técnica em si e dos resultados de desempenho reprodutivo obtidos com os protocolos aplicados. Os principais desafios para tornar essa tecnologia acessível estão associados à compreensão do conceito que envolve todo o processo de IATF, tendo plena consciência das vantagens e limitações da tecnologia no modelo aplicado na indústria suinícola.

Momento ideal de realizar a IA com relação à ovulação

O sucesso da IA é determinado por premissas básicas referentes ao local de deposição dos espermatozoides, à característica das doses inseminantes e ao momento da IA. É necessário fazer a deposição de um número suficiente de espermatozoides viáveis no trato genital feminino que, geralmente, é de 1 a 3 bilhões em volumes de 45 a 90 ml por IA, preconizando-se a produção de doses inseminantes com precisão na quantidade de células espermáticas e com garantia de qualidade de processamento. Além disso, a dose de sêmen deve ser depositada no local adequado de acordo com o protocolo utilizado, seja na técnica de IA intracervical ou pós-cervical (BORTOLOZZO et al., 2015). Por fim, a IA deve ser realizada no momento ideal relativo à ovulação, ou seja, durante o período de 24 h que antecede a



ovulação (KEMP & SOEDE, 1997; BENNEMANN et al., 2005). Em média, a ovulação ocorre no início do terço final do estro ou quando transcorridos aproximadamente 70% do período de estro. No entanto, existe uma grande variação individual e a amplitude do intervalo entre o início do estro e a ovulação pode ser de oito até 85 h (KEMP & SOEDE, 1997). Devido a essa grande variação individual entre o início do estro e a ovulação, não é possível direcionar efetivamente a IA no intervalo considerado ideal. Por isso, a maioria das fêmeas recebe duas ou três inseminações durante o estro, como garantia de que pelo menos uma dose de sêmen seja infundida no trato genital no período considerado ideal.

Protocolos associados à IATF em suínos

Os protocolos de IATF dependem de uma predição do momento da ovulação. Isso demanda o uso de um indutor de ovulação, o qual tem sua aplicação baseada ou não na detecção de estro. Quando o protocolo preconiza a detecção de estro, usa-se este evento como referência para estabelecer o momento da aplicação do indutor de ovulação, o qual é administrado no início da manifestação de estro (FONTANA et al., 2014). No caso do protocolo de IATF sem detecção de estro, o momento do desmame é a referência para administração de um indutor do crescimento folicular e/ou um de ovulação (DRIANCOURT et al., 2013; KNOX et al., 2014). Quando o objetivo é sincronizar o estro de leitoas, o protocolo de IATF deve ser mais elaborado, devido à grande variação na manifestação do primeiro estro que a categoria apresenta, incluindo o uso de progestágeno, durante 14 a 18 dias, e de um indutor da ovulação após cessar o fornecimento do análogo da progesterona (DEGENSTEIN et al., 2008; MARTINAT-BOTTÉ et al., 2010).

Para induzir e sincronizar a fase de desenvolvimento folicular em fêmeas desmamadas e leitoas, alguns protocolos utilizam o eCG (CASSAR et al., 2005; BRÜSSOW et al., 2009). Para induzir a ovulação, são empregados os análogos do GnRH, como a buserelina (DRIANCOURT et al., 2013) e a triptorelina (KNOX et al., 2014), ou substâncias com ação semelhante ao LH endógeno, como o hCG e o pLH (ZAK et al., 2010; FONTANA et al., 2014).

Ao longo dos últimos anos, a estruturação de protocolos de IATF destinados a leitoas vem sendo estudada no sentido de verificar a real eficiência e necessidade dos hormônios empregados, bem como seus resultados no desempenho destes animais. O uso de protocolos mais elaborados (altrenogest + eCG + buserelina) apresentou resultados semelhantes para taxa de parto (96,0%) quando comparados a protocolos sem associação ao indutor de crescimento folicular (92,0%) (Martinat-Botté et al., 2010). Quando foram adotados protocolos mais simples, apenas com o uso de pLH no momento da detecção do estro, foram observadas taxas de parto semelhantes para os grupos controle (88,2%) e induzidos com 2,5 mg por via submucosa vulvar e 5,0 mg por via intramuscular (96,1 e 94,1%, respectivamente). Contudo, o número de nascidos totais foi menor no grupo induzido, com 2,5 mg do indutor por via submucosa, em relação ao grupo controle (12,3 vs. 14,1, nesta ordem) (Ulguim et al. 2014). Já em 2016, Ulguim et al. (2016) verificaram que a taxa de parto ajustada do grupo pLH foi inferior (86,0%) quando comparada à do grupo controle (93,5%), embora não tenha sido encontrada diferença significativa para o número de nascidos totais.



Os principais resultados obtidos com o uso desses indutores na biotécnica de IATF para porcas encontram-se resumidos na Tabela 1, cuja interpretação deve ser feita de forma criteriosa, uma vez que, em alguns trabalhos, o desempenho reprodutivo do próprio grupo controle já se encontra abaixo dos índices satisfatórios para a realidade atual da suinocultura brasileira (CASSAR et al., 2005; MARTINAT-BOTTÉ et al., 2010; STEWART et al., 2010; KNOX et al., 2011; ZAK et al., 2011; DRIANCOURT et al., 2013). Além disso, é possível observar a grande variabilidade dos resultados obtidos com a IATF, principalmente no que se refere à taxa de parto, a qual varia de 56,0% a 93,0% entre os trabalhos citados. É importante ressaltar que existem trabalhos na literatura para ambas as classes de fêmeas, no entanto, pela complexidade do protocolo e custo envolvido para aplicação em leitões, a técnica está mais próxima de ser implantada em porcas.

Tabela 1. Principais resultados de desempenho obtidos com a técnica de IATF em fêmeas desmamadas ao longo dos anos.

Referência	Indutor	Grupo (n)	nº IA	TPR (%)	TP (%)	TPA (%)	NT	NV	Consideração estro ^s	
Cassar et al., 2005	pLH	Controle (131)	2	-	68,7	-	11,1 ± 2,6	-	-	
		eCG (111)	2	-	69,0	-	10,7 ± 3,2	-	-	
		pLH (113)	2	-	81,0	-	10,3 ± 3,3	-	-	
		eCG + pLH1 (110)	1	-	86,1	-	10,3 ± 3,1	-	-	
		eCG + pLH2 (102)	2	-	84,2	-	10,6 ± 3,5	-	-	
Martinat-Botté et al., 2010	Buserelina	Exp A	Controle (15)	2	-	86,7	-	12,7 ± 4,0	11,0 ± 3,6	-
			GnRH (15)	2	-	71,4	-	15,6 ± 2,4	14,0 ± 1,6	-
		Exp B	Controle (16)	2	-	81,3	-	14,5 ± 4,5	12,0 ± 3,5	-
			GnRH (15)	2	-	84,6	-	12,5 ± 3,5	12,5 ± 2,5	-
Stewart et al., 2010	Triptorelina	Controle (48)	*	-	83,3	-	-	10,6 ± 0,5	-	
		Controle negativo (12)	*	-	83,3	-	-	9,7 ± 0,9	-	
		GnRH + 0,9% gel (12)	2	-	91,7	-	-	11,6 ± 0,8	-	
		GnRH + 1,2% gel (12)	2	-	91,7	-	-	11,0 ± 0,5	-	
		GnRH + 1,5% gel (12)	2	-	83,3	-	-	10,6 ± 0,9	-	
Knox et al., 2011	Triptorelina	Exp 1	Controle (41)	2	-	78,4	-	10,0	8,7	-
			GnRH 1 (42)	2	-	65,6	-	11,1	9,2	-
			GnRH 2 (42)	2	-	74,8	-	10,2	8,6	✓
		Exp 2	Controle (169)	2	-	56,4	-	11,4	10,5	-
			GnRH 1 (174)	2	-	56,3	-	11,1	10,3	-
			GnRH 2 (160)	2	-	61,5	-	10,9	10,0	✓



Referência	Indutor	Grupo (n)	nº IA	TPR (%)	TP (%)	TPA (%)	NT	NV	Consideração estro [§]	
Zak et al., 2011	pLH	Exp 1	Controle (150)	2,1	85,2	-	83,2	11,8 ± 0,3	10,8 ± 0,3	-
			pLH (168)	2	89,3	-	87,3	12,9 ± 0,3	11,8 ± 0,3	✓
		Exp 2	Controle (129)	2,1	86,0	-	85,1	12,2 ± 0,3	11,5 ± 0,3	-
			pLH (109)	1	94,6	-	90,6	12,3 ± 0,3	11,3 ± 0,3	✓
Driancourt et al., 2013	Buserelina	Controle OP ≥ 2 (168)	2	-	84,5	-	13,9 ± 0,2	12,8 ± 0,2	-	
		Controle OP1 (174)	1	-	86,1	-	12,8 ± 0,6	12,3 ± 0,6	-	
		GnRH OP ≥ 2 (174)	1	-	88,1	-	13,7 ± 0,3	12,4 ± 0,3	-	
		GnRH OP 1 (39)	1	-	78,1	-	13,2 ± 0,8	12,4 ± 0,3	-	
Webel et al., 2013	Triptorelina	Controle (100)	2,1	-	88,6	-	-	11,2	-	
		GnRH (100)	1	-	82,0	-	-	11,4	-	
Yeske et al., 2013	Triptorelina	Controle (198) [†]	2,2	-	78,2 [†]	-	12,7	11,8	-	
		GnRH (197) [†]	1	-	79,7 [†]	-	12,2	11,3	-	
Webel et al., 2014a	Triptorelina	Controle (190) [†]	1,8	-	83,6 [†]	-	13,7 ^b	13	-	
		GnRH (194) [†]	1	-	85,1 [†]	-	14,6 ^a	13,6	-	
Webel et al., 2014b	Triptorelina	Controle (1479) [†]	1,9	-	82,8 [†]	-	14,2	13,1	-	
		GnRH (1475) [†]	1	-	84 [†]	-	14,2	13,1	-	
Francisco et al., 2014	Triptorelina	Controle (893) [†]	*	-	80,1 [†]	-	14,2	12,9	-	
		GnRH (894) [†]	1	-	83,4 [†]	-	14,0	12,8	-	
Fontana et al., 2014	pLH	Controle (199)	2,9	-	92,0	-	12,9 ± 0,3	11,7 ± 0,3	-	
		pLH 1 (199)	1	-	90,0	-	12,4 ± 0,3	11,4 ± 0,3	✓	
		pLH 2 (199)	2	-	93,0	-	12,5 ± 0,3	11,4 ± 0,3	✓	
Ulguim et al., 2016a	pLH	Controle (103)	2,5	-	-	94,1 ± 2,3	12,8 ± 0,3	-	-	
		IATF pLH (103)	1	-	-	88,0 ± 3,3	12,0 ± 0,3	-	✓	
		IATF s/ pLH (103)	1	-	-	86,1 ± 3,4	12,7 ± 0,3	-	-	
Rostagno et al., 2016	Triptorelina	Controle (2924) [†]	*	-	-	82,5 ^{a†}	13,2	12,1	-	
		GnRH (2314) [†]	1	-	-	80,1 ^{b†}	13,2	12,1	-	
Baroncelo et al., 2017	Buserelina	Controle (165)	*	-	93,7 ^a	95,7 ^a	13,4 ± 0,3	-	-	
		eCG + GnRH (165)	1	-	74,8 ^b	76,4 ^b	12,5 ± 0,3	-	-	
		GnRH (165)	1	-	82,2 ^b	83,9 ^b	12,8 ± 0,3	-	-	

* Múltiplas inseminações até o final do período de estro

[†] Taxa de parto calculada com base no número de fêmeas desmamadas e inseminadas até o sétimo dia após o desmame

[§] Consideração do estro para aplicação do indutor de ovulação.

TPR: taxa de prenhez; TP: taxa de parto; TPA: taxa de parto ajustada; NT: nascidos totais; NV: nascidos vivos; ✓: SIM
 a,b na coluna indicam diferença significativa entre grupos, considerando um nível de significância de 5%, exceto em Ulguim et al., 2016a (p<0,03).



Vantagens e limitações no uso da IATF em suínos

A IATF em suínos não é simplesmente uma técnica e sim um conceito de produção. Nesse sentido, para avaliar sua aplicabilidade, devemos ponderar as vantagens e limitações associadas a IATF descritos a seguir.

Número de inseminações realizadas

A partir da implantação da IATF é possível reduzir o número de inseminações realizadas por fêmea que, nos modelos da suinocultura atual, varia de duas a três inseminações por estro (BORTOLOZZO et al., 2015). Isso porque na IATF reduz-se a amplitude e a variabilidade do momento da ovulação uma vez que há a necessidade do uso de indutores de ovulação. Além disso, com a adoção da IATF com deposição pós-cervical, o ganho é maximizado porque também há a redução do número de espermatozoides e do volume da dose inseminante junto com a diminuição do número de inseminações realizadas por fêmea em estro.

Uso de machos geneticamente superiores

O incremento na produção de doses por doador permite uma redução substancial no plantel mantido em regime de coleta nas CPS, o que possibilita a aquisição e manutenção de animais geneticamente superiores. Segundo Foxcroft et al. (2010), o uso de técnicas avançadas de IA com o propósito de otimizar o impacto de reprodutores de alto mérito genético tem o potencial de aumentar a eficiência do sistema de produção de suínos. A maximização da disseminação de genes desses reprodutores proporciona maior eficiência produtiva em termos de conversão alimentar, ganho de peso e composição de carcaça ao abate.

Identificação de machos subférteis

A característica atual da inseminação é o uso de múltiplas doses heterospérmicas. Isso faz com que não seja possível a identificação dos machos subférteis do plantel que segundo Foxcroft et al. (2010), são estimados em 5-7% de todo plantel da CPS. Além disso, o uso de múltiplas doses ou doses heterospérmicas quebra a ligação entre o valor genético individual e a paternidade da progênie reduzindo o impacto positivo dos melhores machos e mascarando o impacto negativo dos machos subférteis (Foxcroft., 2010).

Racionalização no uso da mão de obra

Indiretamente, a maior eficiência alcançada pelo uso da IATF implica na redução da necessidade de mão de obra, tanto no setor de gestação, pela otimização do manejo de detecção do estro e IA, quanto na CPS, pela redução no inventário de machos, coleta de sêmen e processamento de doses de sêmen. Além disso, é possível centralizar a programação de ações em períodos curtos ou dias específicos. Com a IATF, um grupo de fêmeas é inseminado em um único dia, permitindo a concentração da mão de obra para a atividade e a eliminação de IA nos finais de semana.



Planejamento na remessa das doses de sêmen

De acordo com KRAELING & WEBEL (2015), a IATF também resulta no adequado planejamento da quantidade de doses de sêmen necessárias, o que reduz os custos com doses de sêmen não utilizadas e o tempo de armazenamento na granja, minimizando o uso de doses de sêmen velhas. Além disso, como a IA é programada, é possível priorizar a remessa de doses de sêmen recém-produzidas ou com pouco tempo de armazenamento.

Racionalização nas ações de maternidade

Outros benefícios que podem ser associados relacionam-se diretamente com os manejos realizados na maternidade. A IA realizada em dia fixo permite que a indução hormonal do parto seja realizada sem grande variabilidade individual no período gestacional, além da sincronização das partições. Dessa forma, é possível priorizar a assistência ao parto e aos leitões recém-nascidos, sendo especialmente importante para a redução da natimortalidade e para garantir o consumo de colostro pelos leitões imediatamente após o nascimento. Os cuidados do primeiro dia de vida do leitão poderão ser concentrados em apenas um dia. Além disso, com a concentração dos partos do grupo de partição, os animais apresentarão uma pequena diferença de idade ao desmame, o que é desejável para as fases seguintes. Segundo Dipietre et al. (2016), o uso da IATF associado à indução do parto permitiu o aumento da duração da lactação em 2,09 dias e reduziu o número de fêmeas com longa duração de gestação (> 115 d) em 39,6%, em comparação ao modelo de IA convencional. A adoção dos protocolos de IATF e a otimização dos manejos permitem economizar tempo, de modo que possa haver um redirecionamento de foco para outras atividades, como ajuste de comedouros, avaliação de escore corporal visual e treinamento de funcionários, além de permitir a otimização dos serviços de limpeza, desinfecção e vazão sanitário. Além disso, como as atividades se concentram em poucos dias da semana, os funcionários estarão focados na realização dos manejos específicos, reduzindo assim os erros inerentes à execução de cada atividade.

Uso em situações de contingência ou com novas tecnologias

A IATF pode ser também empregada em situações específicas que envolvam logística diferenciada ou planos de contingência sanitária que afetem a disponibilidade de doses de sêmen para o plantel de matrizes suínas. A IATF também é uma tecnologia promissora para a incorporação de novas biotécnicas da reprodução que requerem maior sincronia entre a IA e a ovulação para apresentarem resultado satisfatório, tais como o uso de sêmen sexado ou congelado.

Custos atrelados ao protocolo de IATF

Independentemente da categoria de fêmeas para a qual se destina a IATF, existe um custo atrelado ao protocolo de IATF que deve ser compensado pelas vantagens advindas do uso de uma única IA em momento fixo. No entanto, de acordo com Brussow et al. (2007), em leitões há um custo maior associado ao protocolo hormonal que é superior aos benefícios gerados, inviabilizando momentaneamente o uso comercial da IATF nessa categoria animal. Entretanto, em modelos de avaliação



financeira, os quais consideram os principais benefícios da IATF (incremento no mérito genético, aumento na idade ao desmame, redução dos custos atrelados ao sêmen e redução dos dias não produtivos), tem-se um retorno financeiro anual que varia de 14,59 a 45,37 dólares por porca (JOHNSTON et al., 2016).

Fêmeas com IDE curto

Outra categoria de fêmeas que pode ser uma limitação na implantação da IATF compreende as fêmeas com intervalo desmame-estro (IDE) curto, inferior a três dias. Muito embora haja uma concentração de fêmeas com IDE entre quatro e seis dias após o desmame, em muitas situações o percentual de fêmeas com IDE menor ou igual a três dias pode ser significativo (POLEZE et al., 2006). Do mesmo modo, uma porcentagem de fêmeas pode apresentar, eventualmente, o estro lactacional. Estes fatos implicam na ovulação em um período que antecede a realização da IATF, ou seja, fora do período ideal, prejudicando assim os resultados de taxa de parto. Os fatores que interferem no período de IDE são diversos, como ordem de parto, duração da lactação, tamanho da leitegada e sazonalidade. Além disso, a interação entre esses fatores exerce influência no padrão de IDE, principalmente nas primíparas. Com isso, é importante fazer uma análise prévia do perfil de IDE visto que não há justificativa para aplicação dessa tecnologia em granjas com alto percentual de fêmeas com IDE inferior a três dias.

Fêmeas com retorno pós-IA e anestro pós-desmame

As fêmeas que retornam ao estro após a IATF ou as que estão em anestro após o desmame também representam uma limitação ao uso da técnica visto que as fêmeas vazias serão identificadas apenas no momento da detecção de prenhez, sendo necessário fazer o uso rotineiro de detecção de estro convencional ou de ultrassonografia. Além do mais, o protocolo de IA a ser utilizado nessas fêmeas deve ser diferenciado dos demais, exigindo mão de obra e doses inseminantes disponíveis. Portanto, é possível que a taxa de retenção no rebanho fique comprometida, tanto para as fêmeas que apresentam estro antes da aplicação do protocolo hormonal ou anestro pós-desmame, quanto para as que são inseminadas sem apresentarem sinais de estro.

Índice de avaliação de desempenho produtivo

Com a implantação da IATF, tem sido sugerido (KRAELING & WEBEL, 2015) que seja revisada a terminologia utilizada para indicar os índices reprodutivos, considerando que em alguns protocolos um dos preceitos da IATF é a não detecção do estro após aplicação do indutor de ovulação. Com isso, todas as fêmeas desmamadas serão inseminadas, sem levar em conta a entrada em estro e, por essa razão, a taxa de parto convencional (número de fêmeas paridas/inseminadas) não é o termo mais apropriado. Um termo sugerido para indicar a eficiência das matrizes é a taxa de parto das fêmeas desmamadas, a qual considera o número de fêmeas paridas/desmamadas. Esta pode ser considerada uma comparação mais justa entre os protocolos de IATF que não preconizam detecção de estro e o modelo de inseminação convencional uma vez que, nesses protocolos de IATF, há a inseminação da fêmea estando em estro ou não, enquanto que na inseminação convencional são



cobertas apenas as fêmeas que apresentam estro. Com isso é possível prever que protocolos que não se baseiam na detecção de estro podem predispor a resultados inferiores principalmente no que se refere a taxa de parto. No entanto, esses são os que de fato impactam no sistema em termos de racionalização de mão de obra e logística de trabalho.

Modelo de negócio aplicado

Outro ponto que deve ser considerado na adoção da IATF é o modelo de negócio em que se está inserido, uma vez que os maiores ganhos da IATF estão relacionados ao incremento genético, o qual se reflete principalmente nas fases de creche e terminação. Uma forma de favorecer a adoção dessa tecnologia é pela integração de ganhos dentro do sistema de produção, valorizando também a unidade de produção de leitão pela qualidade genética do leitão produzido. Ulguim et al. (2016b) sugerem que o melhor cenário é a avaliação em pelo menos dois ciclos produtivos completos de cada fêmea, em granjas que adotam a tecnologia em 100% dos animais, para consolidar o uso da tecnologia na granja, realizar os ajustes necessários e mensurar o retorno de investimento.

Quadro 1. Vantagens e limitações relacionadas à técnica de inseminação artificial em tempo fixo em suínos.

Vantagens	Limitações
Redução do número de inseminações por fêmea	Custo associado ao protocolo hormonal utilizado
Redução no material de inseminação utilizado (pipetas, cateter, gel, papel...)	Inconsistência nos resultados obtidos com a técnica frente aos parâmetros reprodutivos já obtidos na granja
Redução no plantel de machos na CPS e manutenção de machos geneticamente superiores	Necessidade de associar um progestágeno para a aplicação em leitões
Otimização do uso da mão de obra, tanto na gestação quanto na CPS	Limitação de uso nas fêmeas com IDE inferior a três dias e com eventual estro lactacional
Planejamento exato sobre as doses de sêmen necessárias por grupo de cobertura	Fêmeas em anestro pós-desmame ou com retorno ao estro após a IATF são identificadas apenas no diagnóstico de gestação
Programação de ações de inseminação artificial, parição e cuidados com leitões	Compreensão e capacidade de mensuração de todos os benefícios possíveis com a implantação da técnica
Redução da variabilidade do período gestacional das fêmeas e consequente idade dos leitões ao desmame	
Otimização no uso das salas de maternidade principalmente nos manejos de limpeza e desinfecção, possibilitando a realização do all in – all out	
Possibilita o uso de novas biotecnologias reprodutivas, como o uso de sêmen congelado e sêmen sexado	



Considerações finais

As vantagens advindas da implementação da IATF em suínos são promissoras. No entanto, é necessário definir o custo-benefício do emprego dessa tecnologia considerando as vantagens e as preocupações associadas visto que a substituição do atual modelo de inseminação pode gerar desconfortos capazes de impedir a difusão da técnica. A principal meta a ser atingida, para que essa biotécnica seja difundida em larga escala é um desempenho reprodutivo satisfatório e economicamente viável, considerando a otimização do uso da mão de obra, o incremento genético e a redução no número de doses de sêmen por fêmea gestante. Além disso, é importante a compreensão de que a adoção dessa tecnologia vai além dos desafios inerentes à implantação da biotécnica em si, uma vez que compreende uma gama de fatores e possíveis benefícios que em um primeiro momento podem não ser evidentes e necessitam de avaliações minuciosas.

Referências bibliográficas

- Baroncello E, Bernardi ML, Kummer AD, Wentz I, & Bortolozzo FP, 2017: Fixed-time post-cervical artificial insemination in weaned sows following buserelin use combined with/without eCG. **Reproduction in Domestic Animals** 52, 76-82.
- Bennemann PE, Diehl GN, Milbradt E, Vidor RM, Fries HCC, Wentz I, Bernardi ML, Bortolozzo FP, 2005: Artificial insemination of gilts with different semen storage periods associated to different pre-ovulatory intervals. **Reproduction in Domestic Animals** 40, 507-510.
- Bortolozzo FP, Menegat MB, Mellagi APG, Bernardi ML, Wentz I, 2015: New Artificial Insemination Technologies for Swine. **Reproduction in Domestic Animals** 50, 80-84.
- Brüssow KP, Schneider F, Kanitz W, Ratky J, Kauffold J, Wahner M, 2009: Studies on fixed-time ovulation induction in the pig. In: Rodriguez-Martinez H, Vallet JL, Ziecik AJ (eds), **Control of Pig Reproduction** VIII. Nottingham University Press, Nottingham, pp. 187–198.
- Brüssow KP, Schneider F, Tuchscherer A, Rátky J, Kraeling RR, Kanitz W, 2007: Luteinizing hormone release after administration of the gonadotropin-releasing hormone agonist Fertilan (goserelin) for synchronization of ovulation in pigs. **Journal of Animal Science** 85, 129-137.
- Cassar G, Kirkwood RN, Poljak Z, Bennett-Steward K, Friendship RM, 2005: Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an induced estrus and ovulation. **Journal of Swine Health and Production** 13, 254–258.
- Degenstein KL, O'Donoghue R, Patterson JL, Beltranena E, Ambrose DJ, Foxcroft GR, Dyck MK, 2008: Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. **Theriogenology** 70, 1075–1085.
- Dipietre D, Mulberry L, Dau D, Francisco C, 2016: The opportunity cost of utilizing farrowing room space as late term gestation. **International Pig Veterinary Society Congress**, 24th, p. 377.
- Driancourt MA, Cox P, Rubion S, Harnois-Milon G, Kemp B, Soede NM, 2013: Induction of an LH surge and ovulation by buserelin (as Receptal) allows breeding of weaned sows with a single fixed-time insemination. **Theriogenology** 80, 391–399.
- Fontana DL, Ulguim RR, Sbardella PE, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP, 2014: Fixed-time post-cervical artificial insemination in sows receiving porcine luteinising hormone at oestrus onset. **Animal Reproduction Science** 144, 109–114.



Foxcroft, GRL, Patterson J, Cameron A, Dyck M, 2010: Application of advanced AI technologies to improve the competitiveness of the pork industry. **International Pig Veterinary Society Congress, 21st**, p. 25-29.

Francisco C, Kraeling R, Swanson M, Webel S, 2013: Ovugel, a novel product containing the gonadotropin releasing hormone (GnRH) agonist, triptorelin acetate. **American Association of Swine Veterinarians Annual Meeting, 44th**, p. 443-444.

Kemp B, Soede NM, 1997. Consequences of variation in intervals from insemination to ovulation on fertilization in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility** 52, 79-89.

Knox RV, Taibl JN, Breen SM, Swanson ME, Webel SK, 2014: Effects of altering the dose and timing of triptorelin when given as an intravaginal gel for advancing and synchronizing ovulation in weaned sows. **Theriogenology** 82, 379–386.

Knox, RV, Willenburg, KL, Rodriguez-Zas, SL, Greger, DL, Hafs, HD, & Swanson, ME, 2011. Synchronization of ovulation and fertility in weaned sows treated with intravaginal triptorelin is influenced by timing of administration and follicle size. **Theriogenology** 75, 308-319.

Kraeling RR, Webel SK, 2015: Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 6, 5-14.

Martinat-Botté F, Venturi E, Guillouet P, Driancourt MA, Terqui M, 2010: Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropin-releasing hormone agonist (Receptal). **Theriogenology** 73, 332–342.

Poleze E, Bernardi ML, Amaral Filha WS, Wentz I, Bortolozzo FP, 2006: Consequences of variation in weaning-to-estrus interval on reproductive performance of swine females. **Livestock Science** 103, 124-130

Rostagno M, Johnston M, Francisco C, Webel S, Trindade J, 2016: The Impact of OvuGel on Reproductive Performance of Weaned Sows. **International Pig Veterinary Society Congress, 24th**, p. 378.

Stewart, KR, Flowers, WL, Rampacek, GB, Greger, DL, Swanson, ME, & Hafs, HD, 2010: Endocrine, ovulatory and reproductive characteristics of sows treated with an intravaginal GnRH agonist. **Animal Reproduction Science** 120, 112-119.

Ulguim RR, Fontana DL, Bernardi ML, Wentz I, & Bortolozzo FP. 2016a: Single fixed-time artificial insemination in gilts and weaned sows using pLH at estrus onset administered through vulvar submucosal route. **Theriogenology** 86, 1072-1080.

Ulguim RR, Sbardella E, Pilotto JJ, 2016b: Inseminação artificial em tempo fixo como ferramenta de manejo para otimizar a produção de suínos. **Congresso Brasil Sul de Suinocultura, IX ed.**, p. 30-38.

Webel S, Johnston M, Francisco C, Kraeling R, 2014b: Sow reproductive performance using Triptorelin gel and fixed-time AI in commercial swine farms. **International Pig Veterinary Society Congress, 23rd**, p. 136.

Webel S, Johnston M, Francisco C, Swanson M, 2014a: Commercial farm evaluation of sow reproductive performance using Ovugel with a single fixed-time artificial insemination protocol. **American Association of Swine Veterinarians Annual Meeting, 45th**, p. 469-470.

Webel S, Johnston M, Kraeling R, Swanson M, 2013: Effectiveness of Ovugel in commercial swine herds in the United States. **American Association of Swine Veterinarians Annual Meeting, 44th**, p. 119-120.



Yeske P, Johnston M, Swanson M, Webel S, Kraeling R, 2013: Timed insemination following intravaginal Ovugel treatment in postpartum sows. **American Association of Swine Veterinarians Annual Meeting**, 44th, p. 45-46.

Zak LJ, Patterson J, Hancock J, Hockley D, Rogan D, Foxcroft GR, 2010: Benefits of synchronizing ovulation with porcine luteinizing hormone in a fixed-time insemination protocol in weaned multiparous sows. **Journal of Swine Health and Production** 18, 125–131.

Zak, LJ, Patterson, J, Cameron, A, Hockley, D, Dyck, MK., Foxcroft, GR, & Rogan, D, 2011: Benefits of fixed-time breeding protocols. **American Association of Swine Veterinarians Annual Meeting**, 42nd, p. 197-200.



ABRAVES

Regional Goiás

